

Revista Forestal Venezolana

ISSN 0556-6606



Volumen 62
Número Único
2018
AÑO XLII



Facultad de Ciencias Forestales y
Ambientales. Mérida, Venezuela

Revista Forestal Venezolana

AÑO LXII
Vol. 62,
Número Único
2018

Hecho el Depósito Legal pp 195802ME817
ISSN 0556-6606

Frecuencia Anual

Descripción: La Revista Forestal Venezolana, fundada en 1958, publica resultados de investigaciones de alta calidad en todos los aspectos de las ciencias forestales y ambientales. Los tópicos que se incluyen son: Génesis de suelos, suelos forestales, Fisiología vegetal, Patología forestal, Entomología forestal, Anatomía de la madera, Ecofisiología vegetal, Viveros, Plantaciones, Genética y mejoramiento forestal, Manejo de cuencas y Ciencia y tecnología de la madera.

Suscripciones: Son recibidas en base al año calendario.

Esta revista está dirigida a los investigadores y científicos en el campo de las Ciencias forestales y ambientales.

Envío de manuscritos. Información pertinente acerca de cómo elaborar los manuscritos se ofrecen en las últimas páginas de cada ejemplar.

Toda correspondencia debe ser enviada al Editor Responsable. Revista Forestal Venezolana, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Los Chorros de Milla, Mérida 5101, Venezuela.

Email: revforven@gmail.com

www.saber.ula.ve/revistaforestal

Indizada en:

TREE CD, Forest Abst. (Common. Agric. Bur.); Zool. Rec. (BIOSIS UK); LATINDEX; Periodica (UNAM, Mexico), REVENCYT RVR004

Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

AUTORIDADES

Mario Bonucci Rossini
Rector

Patricia Rosenweig
Vicerrectora Académica

Manuel Aranguren
Vicerrector Administrativo

José María Andrés
Secretario

Dario Antonio Garay Jeréz
Decano

Editor Responsable

Oswaldo Encinas Blanco

Editores Asociados

Wilver Contreras Miranda
Lilian Bracamonte

Consultores de arbitraje para este volumen

Roger Moya, Costa Rica; Damian Ghersovic, Argentina; Miguel Sarmiento, Argentina; Moisés Acevedo, Perú; Manuel Chavesta, Perú; Jaime Moreno, Colombia; César Polanco, Colombia; José Imaña, Brasil; Vitor Hoeflich, Brasil

Portada:

La tomografía axial computarizada y la propagación de ultrasonido y el entendimiento de las propiedades dieléctricas de la madera, han permitido el desarrollo de técnicas no destructivas para la determinación de varias propiedades físico mecánicas de la madera, así como su grado de deterioro, inclusive cuando el árbol está en pie.

La portada actual presenta imágenes de algunos de estos equipos empleados en los ensayos no destructivos, usados por el INIA del Perú en uno de sus proyectos de investigación.

Revista maquetada con el
software libre Scribus 1.4.6

Revista **Forestal** Venezolana

ISSN- 0556-6606



Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Mérida, Venezuela

62 – 1
2018

Año LXII

| | |
|----------|--|
| | EDITORIAL |
| 5 - 6 | OSVALDO ENCINAS B. y L. EDGAR HERNÁNDEZ Necesidad de adecuar el contenido curricular de los los pensum en ingeniería forestal al nuevo paradigma del desarrollo sostenible <i>Need to adapt the pensum of forest engineering to the new paradigm of sustainable development</i> |
| | ARTICULOS |
| 9 – 28 | WILDER RIVAS y JOSÉ PASTOR MOGOLLÓN Erosión eólica en la península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela <i>Wind erosion in the Paraguaná peninsula, Falcon state, Venezuela</i> |
| 29 - 46 | JUAN PABLO MORE IPANAQUE, EVELIN JUDITH SALAZAR HINOSTROZA y JOSÉ ELOY CUELLAR BAUTISTA Relación tamaño y calidad del plantón en condiciones de vivero de ulcumano (<i>Retrophyllum rospigliosii</i>) en INIA San Ramón, Chanchamayo, Perú <i>Size and quality relation of ulcumano (<i>Retrophyllum rospigliosii</i>) in nursery conditions in INIA San Ramón, Chanchamayo, Peru</i> |
| 47 – 57 | AMARILIS BURGOS, JOSÉ M. GONZÁLEZ A. y OSVALDO ENCINAS B. Resistencia de la madera de <i>Tabebuia rosea</i> preservada con boro, deltametrina y ACQ a termitas <i>Cryptotermes brevis</i> <i>Resistance of <i>Tabebuia rosea</i> wood preserved with boron, deltamethrin and ACQ to <i>Cryptotermes brevis</i> termites</i> |
| 59 – 68 | HAYDEE MIRIAM RAMOS LEÓN y JOSÉ ELOY CUELLAR BAUTISTA Módulo de elasticidad de <i>Cedrelinga cateniformis</i> D. de plantaciones empleando técnicas no destructivas <i>Modulus of Elasticity of <i>Cedrelinga cateniformis</i> D. from plantations using non-destructive techniques</i> |
| 69- 82 | JULIO FELIX MICHELA, SEBASTIAN MIGUEL KEES y JUAN JOSÉ SKOKO Efecto de la acción antrópica en el bosque del centro oeste chaqueño <i>Effect of the anthropic action in the forest of the west center of the Chaco</i> |
| | NOTA TÉCNICA |
| 85 - 100 | RODRIGO SEVERO ARCE ROJAS Contribución al desarrollo de la epistemología de las ciencias forestales <i>Contribution to the development of the epistemology of forest sciences</i> |

NECESIDAD DE ADECUAR EL CONTENIDO CURRICULAR DE INGENIERIA FORESTAL AL NUEVO PARADIGMA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

NEED TO ADAPT THE CURRICULUM CONTENT OF FOREST ENGINEERING TO THE NEW PARADIGM OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

OSVALDO ENCINAS B. y L. EDGAR HERNÁNDEZ

Los países en desarrollo tienen en la educación universitaria el mejor aliado para cumplir los desafíos emergentes del desarrollo sostenible. La tradicional educación en los fundamentos de la disciplina forestal se debe complementar con las capacidades y destrezas que exige el desarrollo sostenible y dar respuesta a los nuevos desafíos, contribuyendo a la mejora continua de la educación universitaria.

El enfoque de la educación forestal, debe considerar el nuevo emergente desafío para la profesión forestal: ¿cómo se puede contribuir con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible? El programa plantea 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible, con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Naturalmente la suma de los conocimientos sobre el tema forestal es preeminencia de la profesión forestal o por lo menos la compactación de tales conocimientos en beneficio de las formaciones forestales, de los recursos naturales renovables y en definitiva de la naturaleza.

Particularmente, desde la perspectiva de la profesión forestal, tienen pertinencia forestal considerar los objetivos siguientes propuestos por la Naciones Unidas:

- “Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad”. (Vida de ecosistemas terrestres. Objetivo 15);
- “Lograr la seguridad alimentaria..... Promover la agricultura sostenible”; (Hambre cero. Objetivo 2);
- “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible...”; (Agua limpia y saneamiento. Objetivo 6);
- “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”; (Acción por el clima Objetivo 13);
- “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación”; (Industria, innovación e infraestructura: Objetivo 9);
- “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible”; (Producción y

consumo responsables. Objetivo 12);

- “Promover acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna...”; (Energía asequible y no contaminante. Objetivo 7).

Así, el profesional forestal estaría capacitado para lograr una adecuada planificación y gestión de los recursos naturales renovables, con énfasis en el sector forestal (los bosques y formaciones forestales con sus productos y servicios ambientales) dentro del desarrollo sostenible, cuya utilización, no necesariamente aprovechamiento, debiera estar orientada por lineamientos de investigación y desarrollo conducentes a la innovación; tres aspectos que están transformándose en la columna vertebral de lo que se pretende íntimamente en la conciencia de los habitantes de la tierra: el desarrollo sostenible.

Este análisis es esencialmente básico y pocas veces es tomado en cuenta en la elaboración de los pensum de estudios de la carrera de ingeniería forestal. Se puede argumentar que se ha mejorado la formación de profesionales forestales puesto que, en lugar del tradicional enfoque por objetivos, se comenzaron a aplicar los enfoques de educación por competencias, entendiendo éstas como “capacidades que todo ser humano necesita para resolver de manera eficaz y autónoma, las situaciones de la vida. Pero es necesario incorporar un saber profundo, no solo saber qué y saber cómo, sino saber ser persona en un mundo complejo, cambiante y competitivo” (Beneitone, *et al.*, 2007); una estrategia dirigida a la educación en la sociedad del conocimiento, sugiriendo que podría ser la “línea base” para futuras políticas en los países en desarrollo (Stimulating innovation people and education; CERI’s Innovation Strategy for Education and Training; Centre for Educational Research and Innovation, OECD, Paris, 2012).

El tema forestal es muy amplio en su concepción filosófica y en las áreas del conocimiento de su pertinencia y aplicación, de tal forma que debe considerarse como la suma de las ciencias que estudian toda la naturaleza, todos los recursos naturales renovables y en particular todos los recursos forestales. El tema forestal es en consecuencia un ámbito tan especial, sensible en los variados enfoques desde el cual puede estudiarse, que suele indicarse que el tema forestal es tan delicado y amplio que debieran participar todos los conocimientos; afirmación que puede ser indiscutible, pero la preeminencia del tema debe ser responsabilidad de los profesionales forestales teniendo claro el marco conceptual y metodológico del desarrollo sostenible.

Artículos

Papers

EROSIÓN EÓLICA EN LA PENÍNSULA DE PARAGUANÁ, ESTADO FALCÓN, VENEZUELA

WIND EROSION IN THE PARAGUANA PENINSULA, FALCON STATE, VENEZUELA

WILDER RIVAS¹ y JOSÉ PASTOR MOGOLLÓN²

¹Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales,
Departamento de Ordenación de Cuencas Hidrográficas. Av. Chorros de Milla, Conjunto
Forestal, Mérida 5101, Venezuela. unefmhidro@gmail.com, wrivas@ula.ve.

²Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Área de Ciencias del Agro y
del Mar, Departamento de Ambiente y Tecnología Agrícola. Vía Coro La Vela, Complejo
Académico Ingeniero José Rodolfo Bastidas. Falcón 4101. Venezuela.
jmogollon15@gmail.com

Recibido Noviembre 2018. Aceptado Enero 2019

Resumen

La erosión eólica es el proceso de remoción de material superficial de suelos por acción del viento, y es considerada una de las principales causas de la degradación de tierras a nivel mundial, particularmente en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas. La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar la erosión eólica actual y potencial como indicador de desertificación en la península de Paraguaná. La caracterización integró el análisis de cuatro factores de degradación que explican el proceso de erosión: i) Factor clima, que define la capacidad del viento para erosionar el suelo, ii) Factor suelo, que estima la pérdida de material superficial en función de las fracciones erodables, iii) Factor topografía, que determina las pérdidas relativas de suelo considerando la orientación y pendiente del terreno y iv) Factor vegetación, que estima la capacidad de la cobertura vegetal para reducir el poder erosivo del viento. La erosión actual registra una pérdida promedio de suelo de 258 t/ha/año, mientras que la potencial alcanza 512 t/ha/año. El riesgo de desertificación por erosión actual tiene una calificación de muy fuerte a extrema para el 50 % del territorio, mientras que, para las mismas categorías, el riesgo de erosión potencial afectaría a más del 80 % de la Península. La distribución espacial del riesgo, muestra una importante influencia de los factores suelo y vegetación, con una alta agresividad climática caracterizada por fuertes vientos y un marcado déficit hídrico anual. La vegetación juega un papel esencial en la reducción de la erosión eólica en la península de Paraguaná.

Palabras clave: desertificación, zonas áridas, riesgo, viento, suelos, vegetación, topografía.

Abstract

Wind erosion is the removal process of soil surface material by wind, this is considered one of the main causes of land degradation to a worldwide scale, particularly, in arid, semi-arid and sub-humid areas. The objective of this research was to characterize current and potential wind erosion as an indicator of desertification in the Paraguana peninsula. This evaluation integrated the analysis of four degradation factors that explain the erosion process: i) Climate factor defines the ability of the wind to erode the soil, ii) Soil factor estimates the loss of surface material as a function of the fractions erodible, iii) Factor topography determines the relative losses of soil considering the orientation and slope of the land and finally iv) Vegetation factor, which estimates the capacity of the vegetation cover to reduce the erosive power of the wind. The current erosion records an average soil loss of 258 t/ha/year, while the potential reaches 512 t/ha/year. The risk of desertification due to current erosion has a rating from very strong to an extreme for 50 % of the territory, whereas for the same categories; the risk of potential erosion would affect more than 80 % of the Peninsula. The spatial distribution of these risks shows an important influence of the soil and vegetation factors, with a high climatic aggressiveness characterized by strong winds and a marked annual water deficit. Vegetation plays an essential role in the reduction of wind erosion in the Paraguana peninsula.

Key words: desertification, arid zones, risk, wind, soil, vegetation, topography.

1. Introducción

La Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1980; FAO, 1984) y las Naciones Unidas (1994), reconocen a la erosión eólica como uno de los procesos naturales determinativos, que contribuyen a la degradación de los suelos y tierras. En un contexto global, la erosión eólica representa cerca del 28 % de la superficie afectada por procesos de degradación de tierras, ubicando el segundo orden de importancia luego de la degradación por erosión hídrica (Shrestha, 2008).

La pérdida de suelo por acción del viento está regulada por factores edáficos y climáticos. Su intensidad está determinada por la erosividad del viento y la erodabilidad del suelo. Entre los factores determinativos de erosividad están la velocidad el viento, la cobertura vegetal, la rugosidad del suelo y la topografía (Armbrust et al., 1964, Chepil et al., 1964, Skidmore, 1986, Skidmore y Van Donk, 2001). Mientras que la erodabilidad, está establecida por la fuerza de cohesión entre las partículas de suelo, así como su tamaño, peso y densidad; influenciados a su vez, por la textura, contenido de humedad y materia orgánica del suelo (Chepil y Woodruff, 1963, Moncada et al., 2009, Rostagno et al., 2004).

Como resultado, la erosión eólica genera cambios en algunas propiedades físicas y químicas de los suelos, propiciando a largo plazo la disminución de su productividad, además de la alteración de los procesos naturales de los ecosistemas y en casos

avanzados la desertificación. Los daños al suelo incluyen: pérdida de material fino y materia orgánica, modificación de la estructura, desaparición de horizontes superficiales y movilización de nutrientes (Lyles, 1975; Quirantes, 1987; Buschiazzo y Taylor, 1993; Buschiazzo et al., 2009).

En Venezuela, la erosión eólica ha sido poco evaluada, por lo que se carece de estudios que cuantifiquen y describan la pérdida de suelo por acción del viento y sus efectos asociados a nivel regional, dificultando el monitoreo y planificación de acciones conducentes a reducir la degradación de tierras. El Programa de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación (PAN) (MARN, 2004), estima para el país un 10,8 % de superficie afectada por degradación de tierras en climas áridos, semiáridos y subhúmedos secos, siendo Falcón el estado que ocupa el segundo lugar en esta categoría, con 70 % de superficie afectada. No obstante, el Programa no desagra la distribución y estado actual de los diferentes procesos de erosión.

La península de Paraguaná, localizada al norte de la región central del estado Falcón, se caracteriza por presentar un clima árido a hiperárido con un marcado déficit hídrico anual, fuertes vientos provenientes del noreste y suelos poco profundos con texturas predominantemente arenosas. Condiciones que en conjunto, generan el ambiente propicio para desencadenar pérdidas importantes de suelo por acción del viento.

La presente investigación tiene como objetivo caracterizar la pérdida actual y potencial de suelo por erosión eólica como indicador de desertificación en la península de Paraguaná. Para ello, se aplicó la metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos FAO (1980), que integra un conjunto de factores de degradación que cuantifican el proceso de erosión eólica.

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

La península de Paraguaná se localiza al norte de la región central del estado Falcón, en la República Bolivariana de Venezuela. Limita al norte con el Mar Caribe y Aruba, al este con Curazao y al oeste con el Golfo de Venezuela. Tiene una extensión de 2.680 Km², con un relieve moderadamente plano hacia la franja costera y accidentado hacia la región centro - oriental, representado este último, por el Cerro Santa Ana que alcanza la máxima elevación a 830 msnm.

El clima es árido a hiperárido (UNESCO, 2010), con precipitaciones medias anuales en el rango de 200 mm a 400 mm y evaporaciones que varían de 2.700 mm a 3.300 mm al año. El régimen pluviométrico es unimodal, definido por un periodo lluvioso de septiembre a diciembre, con máxima en noviembre. Los vientos provienen del noreste (Martelo, 2003), con velocidades medias anuales que superan los 6 m/s.

Los suelos predominantes en la península corresponden a los órdenes Aridisoles y

Entisoles. Los Aridisoles incluyen suelos poco profundos sobre lomeríos y profundos en las planicies y valles, predominando texturas medias a finas que, frecuentemente se encuentran afectados por salinidad. Los Entisoles pueden ser superficiales y rocosos, aluviales y arenosos sobre dunas y cordones litorales (Schargel, 2011).

Las comunidades vegetales están representadas por matorrales, cardonales y arbustales que brindan cobertura al 68 % de la superficie peninsular. El restante 32 % del territorio está constituido por vegetación esparcida y en mayor proporción por áreas no vegetadas, especialmente hacia la región centro occidental de la península (Mogollón et al., 2016).

2.2. Escala de trabajo

La escala de trabajo fue de 1:50.000. Selección resultante de la revisión previa de información disponible, en relación al nivel de detalle sugerido para la evaluación de la erosión eólica a diversas escalas, según lo establecido por la FAO (1980).

2.3. Factores de degradación

2.3.1. Factor clima.

Se estimó a partir del índice eólico de Chepil et al. (1962) modificado por la FAO (1980).

$$C = \frac{1}{100} \sum_1^{12} V^3 \left(\frac{PET - P}{PET} \right) n$$

Donde:

C = Índice eólico de Chepil modificado

V = velocidad media mensual del viento a 2 m de altura (m/s)

PET = evapotranspiración potencial (mm)

P = precipitación (mm)

n = número de días del mes

La ecuación del índice eólico se resolvió haciendo uso del calculador de mapas un sistema de información geográfico (SIG), previa representación espacial de la velocidad del viento, precipitación y evapotranspiración potencial. Para la representación, se utilizó el método de interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW por sus siglas en inglés) descrito por Villatoro et al. (2008).

Dada la escases de datos oficiales de velocidad del viento para la península, se recurrió a la fuente de datos de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA por su siglas en inglés) <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>, que despliega información meteorológica global modelada por satélite de alta calidad y fiabilidad. Se adquirieron datos promedios mensuales de velocidad del viento (m/s) a

10 m de altura para el periodo 1983 – 1993, correspondientes a ocho sitios representativos del área de estudio. Para la conversión de las velocidades del viento se utilizó la ecuación logarítmica estándar para la generación de perfiles de viento presentada por Guevara (2013).

$$V_z = V_{ref} \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)}$$

Donde:

V_z = Velocidad del viento a ser estimada (m/s a 2 m de altura)

V_{ref} = Velocidad de referencia (m/s a 10 m de altura)

Z = Altura a ser estimada (2 m)

Z_{ref} = Altura de referencia (10 m)

Z_0 = Altura de rugosidad

Por otra parte, se dispuso de datos promedios mensuales de precipitación y evaporación (periodo 1971 – 2000) de trece estaciones meteorológicas localizadas dentro y fuera del área de estudio. Las estaciones utilizadas fueron; Adicora (0213), Aeropuerto El Hato (Curaçao), Aeropuerto Reina Beatrix (Aruba), Coro (0232), Jadacaquiva (0117), Juan Lorenzo (0116), La Enramada (0255), Los Pozos (0270), Pueblo Nuevo (0236), Punta Macoya (0115), Punto Fijo (0113), San Antonio (0252) y Santa Ana (0251)

Finalmente, la evapotranspiración potencial se estimó multiplicando los correspondientes valores de evaporación por un coeficiente 0,70. Valor que se determinó haciendo uso de la Cuadro de coeficientes de tanque evaporímetro tipo A (FAO, 2006).

2.3.2. Factor suelo

La erodabilidad del suelo se derivó del porcentaje de fracciones de suelo no erodables determinado por un tamizado seco estándar (Chepil y Woodruff, 1963) (Cuadro 1). Se utilizaron 100 muestras de suelos representativas del área de estudio, previamente recolectadas y procesadas en el Laboratorio de Suelos, Agua y Planta de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM).

Cuadro 1. Erodabilidad del suelo para diferentes porcentajes de fracciones no erodables (> 0,84 mm) determinado por un tamizado en seco estándar

| Porcentaje (fracciones > 0,84 mm) | t/ha/año | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | - | 695 | 560 | 493 | 437 | 404 | 381 | 359 | 336 | 314 |
| 10 | 300 | 294 | 287 | 280 | 271 | 262 | 253 | 244 | 238 | 228 |
| 20 | 220 | 213 | 206 | 202 | 197 | 193 | 186 | 182 | 177 | 170 |
| 30 | 166 | 161 | 159 | 155 | 150 | 146 | 141 | 139 | 134 | 130 |
| 40 | 126 | 121 | 117 | 114 | 112 | 108 | 105 | 101 | 96 | 92 |
| 50 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | 61 | 28 | 54 | 52 | 49 |
| 60 | 47 | 45 | 43 | 40 | 38 | 36 | 36 | 34 | 31 | 29 |
| 70 | 27 | 25 | 22 | 18 | 16 | 13 | 9 | 7 | 7 | 4 |
| 80 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Fuente: Skimore (1988)

Con los resultados obtenidos y haciendo uso un SIG, se elaboró el mapa de erodabilidad aplicando el método de interpolación IDW (Villatoro et al., 2006).

2.3.3. Factor topográfico

Se estimó a partir del promedio de las de pérdidas relativas de suelo para crestas y laderas de barlovento, estimadas para diferentes pendientes del terreno (Chepil et al., 1964). Dichas pérdidas (Cuadro 2), se asignaron a todas aquellas laderas con orientaciones noreste (NE), este (E) y sureste (SE), por encontrarse directamente influenciadas por los vientos predominantes que soplan en la península. Al resto de las orientaciones (laderas a sotavento) se les fijó un valor relativo de pérdida de suelo igual a uno, considerando que las mismas tienen un comportamiento influenciado por el viento similar a los terrenos planos (< 1,5 % de pendiente).

Cuadro 2. Pérdidas relativas de suelo promedio para diferentes pendientes y orientaciones del terreno

| Pendiente | Pérdidas relativas promedio de suelo |
|-----------|--------------------------------------|
| 0 - 1,5 | 1 |
| 1,5 - 3 | 1,2 |
| 3 - 6 | 2,08 |
| 6 - 10 | 3,95 |
| > 10 | 5,15 |

Elaboración propia en base a Chepil *et al.* (1964)

La pendiente y orientación del terreno se generó con la ayuda de un SIG, en base a un mosaico de cuatro modelos digitales de elevación (MDE) con resolución de 30 m, capturadas éstas por el satélite Aster (Advanced Spaceborne Thermal Emission

And Reflection Radiometer) (METI y NASA, 2011). Las capas obtenidas (pendiente y orientación), se integraron utilizando la herramienta intersección del SIG, previa conversión a formato vectorial. Finalmente, en la Cuadro de atributos resultante de la intersección, se ubicaron y asignaron las pérdidas relativas según los criterios antes descritos.

2.3.4. Factor vegetación natural

Se determinó a partir de la ecuación propuesta por Van der Knijf et al. (1999), que genera un índice de cobertura vegetal derivado de una imagen satelital.

$$V = e^{-\alpha \frac{SAVI}{\beta - SAVI}}$$

Donde:

V = índice de cobertura vegetal

$SAVI$ = índice de vegetación ajustado al suelo.

α y β = parámetros que determinan la forma de la curva con valores de 2 y 1,1 respectivamente.

El índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI por sus siglas en inglés), representa el vigor y estructura del dosel vegetal a través de un cociente que contrasta la reflectancia de las bandas infrarrojo cercano (NIR) y rojo (Red) de una imagen satelital.

$$SAVI = \frac{NIR - Red \times L + 1}{NIR + Red + L}$$

Se utilizaron las bandas 5 (NIR) y 4 (Red) a 30 m de resolución espacial de una imagen Landsat 8 adquirida el 28 de agosto del año 2013, correspondiente a la escena LC80060522013240LGN00. Se asumió un factor $L = 0,5$; que representa a una cobertura vegetal intermedia.

2.4. Riesgo de erosión eólica actual y potencial

Para la valoración de la erosión actual (en presencia de vegetación natural) y potencial (en ausencia de vegetación natural), se utilizaron las siguientes ecuaciones paramétricas propuestas por la FAO (1980). Estas se resolvieron con la ayuda del algebra de mapas de un SIG, integrando la información cartográfica previamente generada.

Erosión eólica actual = $C*S*T*V$

Erosión eólica potencial = $C*S*T$

Donde:

C = Factor clima (adimensional)

S = Factor suelo (t/ha/año)

T = Factor topográfico (adimensional)

V = Factor vegetación natural (adimensional)

Finalmente, el riesgo de desertificación se categorizó siguiendo la propuesta de Sevilla et al. (2009), tal como se muestra en la Cuadro 3.

Cuadro3. Criterios para la clasificación del riego de erosión

| Clases de riesgo de desertificación | Pérdida de suelo (t/ha/año) |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Muy débil | 0 - 10 |
| Débil | 10 - 50 |
| Moderada | 50 - 100 |
| Fuerte | 100 - 200 |
| Muy fuerte | 200 - 1000 |
| Severa | 1000 - 2000 |
| Muy severa | 2000 - 3000 |
| Extrema | > 3000 |

Fuente: Sevilla *et al.* (2009)

3. Resultados y discusión

3.1. Factores de degradación

El factor climático (C) expresado a través del índice eólico modificado de Chepil, muestra que el poder erosivo del viento en la península de Paraguaná se incrementa en sentido norte con dirección este - oeste (Figura 1).

El índice de agresividad mínimo obtenido (2,8) supera en 86 % la valoración máxima (1,5) establecida por la FAO (1980), indicando una agresividad climática muy alta para la península. Esta agresividad es explicada por la alta tasa de evaporación media anual que presenta el área de estudio, que en promedio es 600 % superior a la tasa anual precipitación, generando un marcado déficit hídrico a lo largo del año. Al respecto, Chepil (1956) demostró que la erodabilidad del suelo por el viento depende de la fuerza de cohesión de las películas de agua que rodean a las partículas de suelo, por lo que el poder erosivo del viento se verá incrementado en condiciones de déficit hídrico.

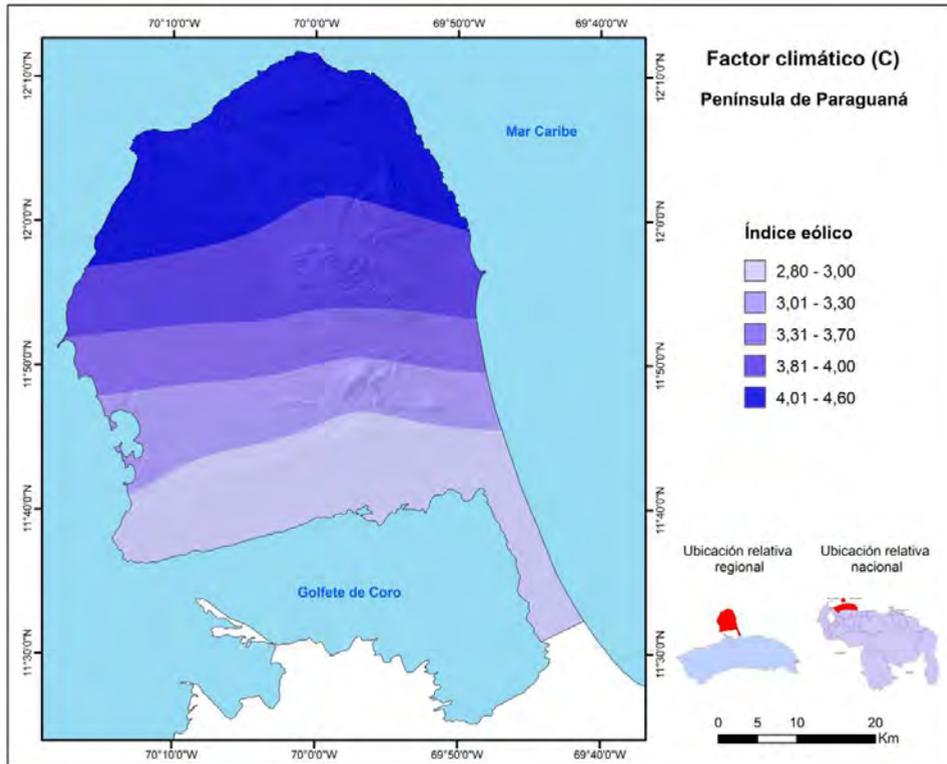


Figura 1. Factor climático para la península de Paraguaná

En relación al factor suelo (S), los resultados exhiben un amplio rango de erodabilidad (Figura 2), con una mayor susceptibilidad a la pérdida suelo (> 270 t/ha/año) hacia el istmo y algunos puntos localizados al norte y oeste de la península, que se caracterizan por presentar clases texturales arenosas y areno francosas (Mogollón et al., 2015). Dicho comportamiento coincide con lo planteado por Chepil y Woodruff (1963), al indicar que suelos de texturas gruesas son más susceptibles a la erosión eólica, debido a que poseen menos propiedades cohesivas, aflojándose estos más fácilmente por acción del viento.

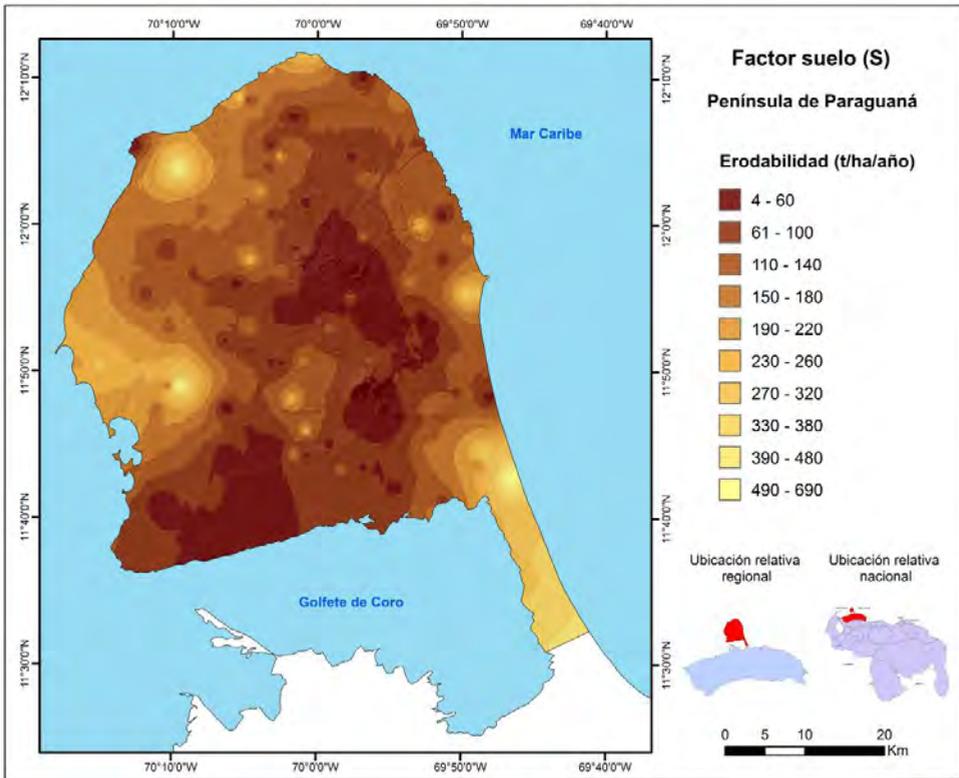


Figura 2. Factor suelo (S) para la península de Paraguaná

Por su parte, el factor topográfico (I) indica que cerca del 90 % de la península se encuentra bajo una condición de terrenos planos (pendientes < 1,5 %), áreas donde la pérdida de suelo no está directamente influenciada por la topografía (Chepil et al., 1964), a excepción del eje oriental correspondiente al paisaje acolinado de la península, donde la topografía incrementa hasta cinco veces (500 %) la pérdida de suelo, particularmente donde prevalecen pendientes mayores a 10 % (Figura 3).

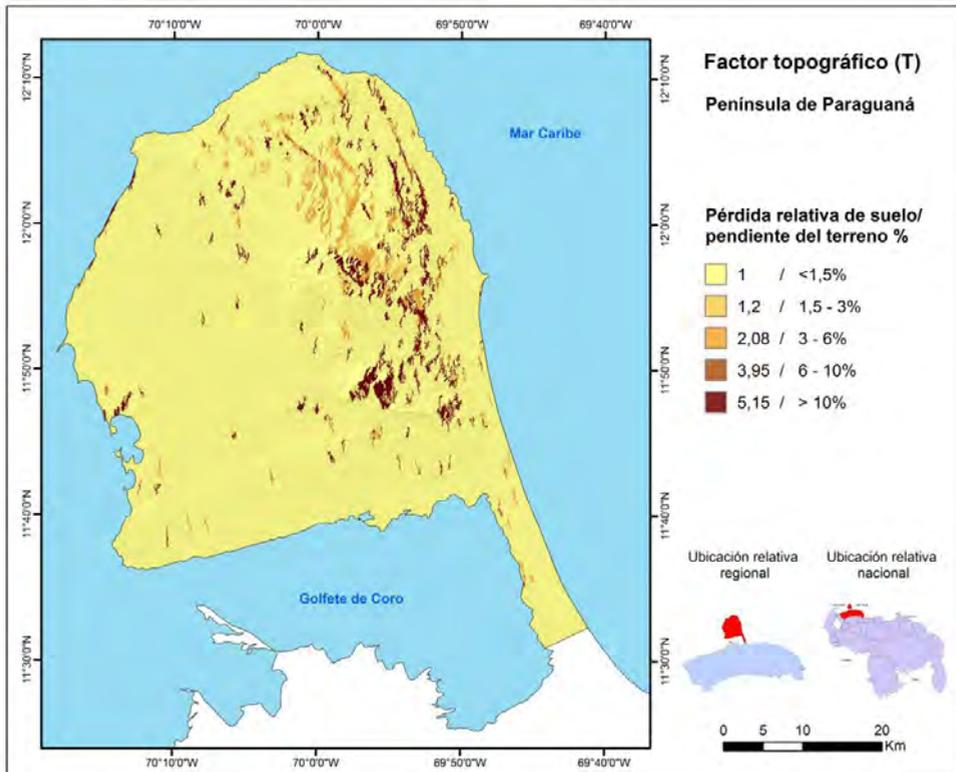


Figura 3. Factor topográfico (T) para la península de Paraguaná

El factor vegetación (V) evaluado a través del índice de cobertura vegetal (Figura 4), muestra para la cobertura densa un potencial de reducción de la erosión eólica superior a 59 %. Esta cobertura abarca cerca del 30 % del área del área total de la península, que según Mogollón et al, (2016), se caracteriza por poseer una vegetación más exuberante, vigorosa y diversa, con una proyección horizontal de las copas que cubre en más del 60 % la superficie del suelo. Caso contrario ocurre en las áreas donde el índice de cobertura vegetal se incrementa, mostrando un reducido poder protector de la vegetación sobre el suelo. Bajo esta condición, la vegetación rala cubre como máximo un 20 % de la superficie del suelo, mientras que las áreas catalogadas sin cobertura, entre 0 % y 4 %.

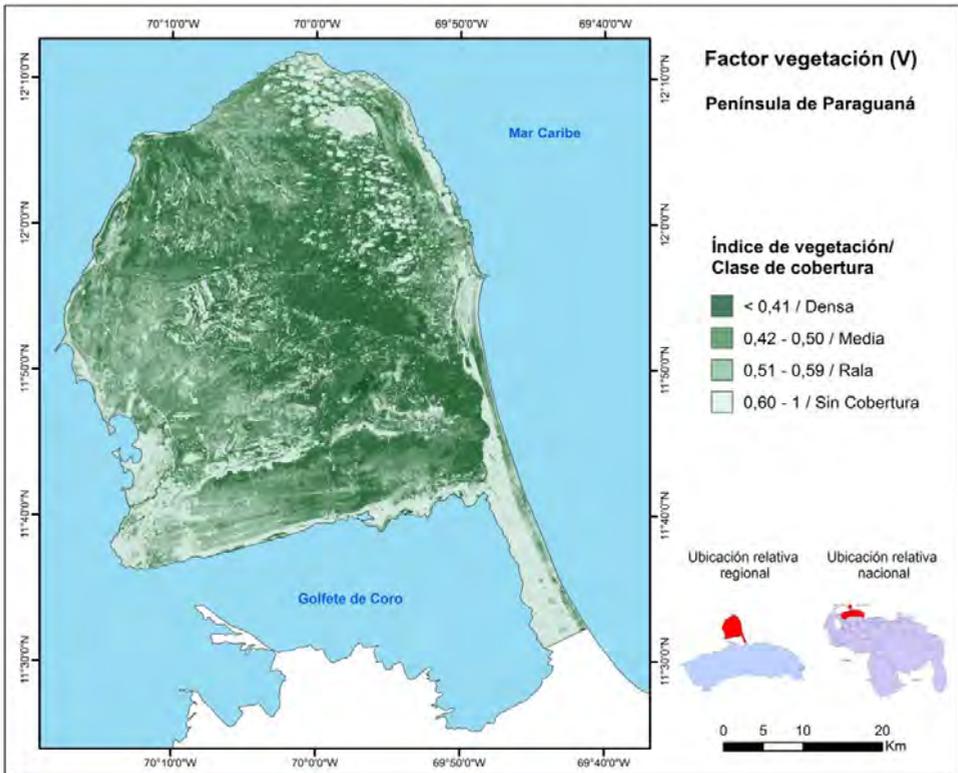


Figura 4. Factor vegetación (V) para la península de Paraguaná

3.2. Erosión eólica actual y potencial

Los resultados de erosión eólica actual y potencial (Figuras 5 y 6), muestran para ambos casos valores máximos que superan las 5.000 t/ha/año de pérdida de suelo, con una distribución espacial que deja en evidencia una marcada influencia de los factores suelo, topografía y vegetación. Los valores máximos observados responden a la presencia de suelos con alta erodabilidad (texturas gruesas), terrenos con fuertes pendientes ($> 10\%$) y poca o nula cobertura vegetal. Las zonas de mínima erosión se caracterizan por presentar suelos con texturas finas, pendientes del terreno menores a $1,5\%$ y cobertura vegetal densa.

Se destaca que los valores obtenidos (tanto para la erosión actual como potencial) presentan coeficientes de variación superiores al 80% , reflejando alta variabilidad de la pérdida de suelo por erosión eólica, además de la presencia de valores extremos que se alejan de la media y tienden a máximos.

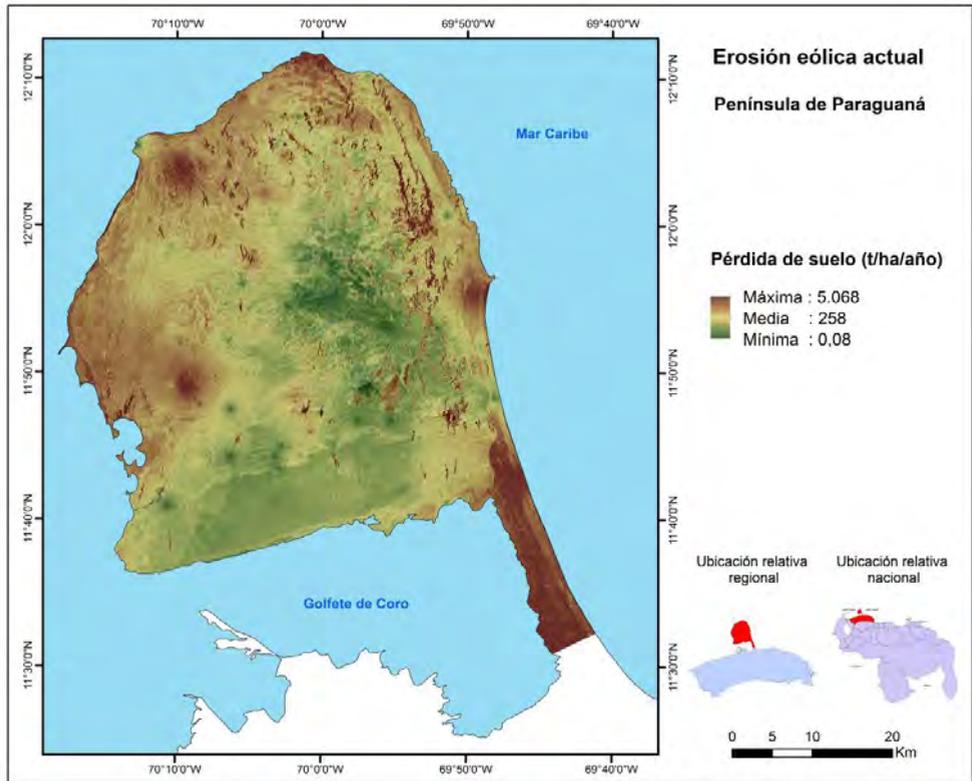


Figura 5. Erosión eólica actual

Las pérdidas promedio de suelo son de 258 t/ha/año para la erosión actual y 512 t/ha/año para la potencial, resultando evidente el papel que juega la vegetación natural en la protección del suelo contra la erosión. La vegetación natural disminuye en promedio un 50 % la erosión eólica, si se compara ésta con la erosión que ocurre bajo condiciones de suelo descubierto. El efecto que tiene la vegetación en la reducción de la erosión, se acentúa, particularmente hacia las zonas de mayor cobertura vegetal, que coincide con el eje acolinado de la península de Paraguaná.

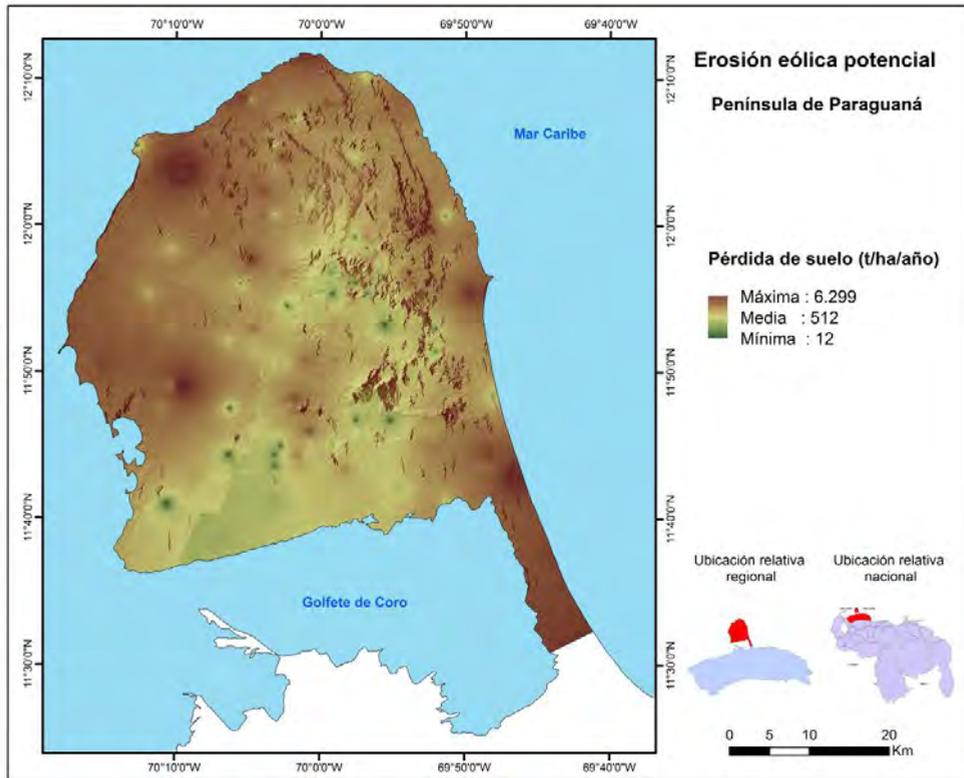


Figura 6. Erosión eólica potencial

3.3. Riesgo de desertificación por erosión eólica

El riesgo de desertificación por erosión eólica actual se muestra de muy débil a severa (Figura 7). La categoría muy débil (< 10 t/ha/año) representa el 0,1 % del área total de la península (Cuadro 4), y se corresponde con el área de influencia del Monumento Natural Cerro Santa Ana. La categoría débil (10 - 50 t/ha/año) cubre un 5 % del territorio y sigue un patrón espacial que coincide con el eje acolinado.

El resto de las categorías de riesgo muestran un patrón espacial concéntrico y paralelo a la línea de costa. En general, el 77 % de la península presenta un riesgo a la desertificación por erosión actual de fuerte a severa (100 - 2000 t/ha/año), que responde a la distribución de la cobertura vegetal, el tipo de suelo y en menor medida a la topografía. Aquellas áreas que presentan menor cobertura vegetal, mayor erodabilidad del suelo y pendiente del terreno, ostentan un alto riesgo de desertificación actual. Por su parte, no se observa una relación espacial que explique la influencia del factor climático sobre la distribución del riesgo de desertificación, por lo que se asume existe una influencia uniforme sobre el territorio.

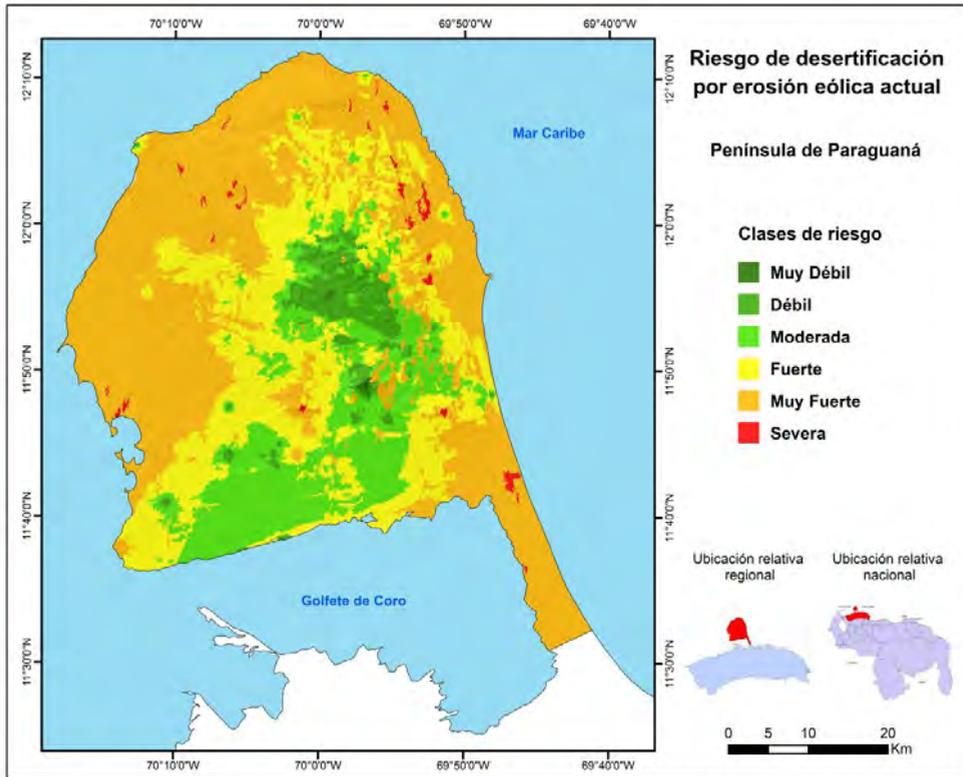


Figura 7. Riesgo de desertificación por erosión eólica actual

Cuadro 4. Áreas para las diferentes clases de riesgo de desertificación por erosión eólica actual

| Clases de riesgo | Área km ² | % |
|------------------|----------------------|-------|
| Muy débil | 2,24 | 0,08 |
| Débil | 127,01 | 4,74 |
| Moderada | 478,22 | 17,84 |
| Fuerte | 725,18 | 27,06 |
| Muy fuerte | 1.327,96 | 49,55 |
| Severa | 18,15 | 0,68 |
| Muy severa | 0,80 | 0,03 |
| Extrema | 0,45 | 0,02 |
| Total | 2.680 | 100 |

Por su parte, el riesgo de desertificación por erosión eólica potencial (Figura 8) muestra clases de degradación de moderada a extrema, con una importante influencia del factor suelo en la distribución espacial del riesgo. Las categorías de moderado a

fuerte (50 - 200 t/ha/año), cubren un 16 % del territorio (Cuadro 5) y concuerdan con los suelos de menor erodabilidad (<10 t/ha/año), mientras que la clase de riesgo muy fuerte representa el 79 % del área total, coincidiendo con erodabilidades entre 60 y 200 t/ha/año. La clase severa cubre un 4 % del área bajo estudio, y se asocia a suelos de mayor erodabilidad (> 200 t/ha/año). El restante 1 % del área, clasificada con una erosión potencial muy severa a extrema, concuerda en su mayoría con las zonas que presentan pendientes del terreno pronunciadas. En base a este comportamiento, se concluye que, en ausencia de vegetación natural, la erodabilidad del suelo asume el rol principal en el riesgo de desertificación, en aproximadamente un 99 % del territorio.

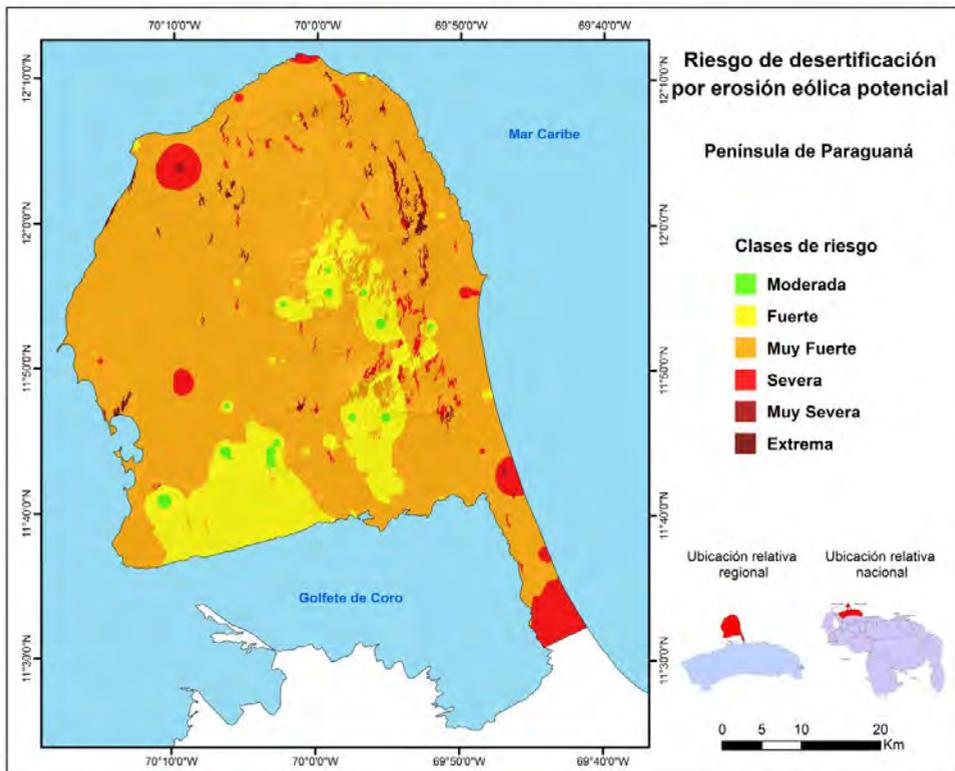


Figura 8. Riesgo de desertificación por erosión eólica potencial

Ante la pérdida de vegetación natural en la península, se estima que las áreas bajo riesgo se incrementarían en promedio un 85 %, particularmente las que se ubican en las categorías de riesgo actual muy débil, débil y moderado, que cambiarán de forma no lineal a las categorías de riesgo potencial muy fuerte, severa y muy severa. La mayor parte del cambio de clase se concentrará en la categoría muy fuerte, incrementando el área de afectación potencial en un 63 %, respecto al riesgo actual.

Cuadro 5. Áreas para las diferentes clases de riesgo de desertificación por erosión eólica potencial

| Clases de riesgo | Área km ² | % |
|------------------|----------------------|-------|
| Muy débil | 0,00 | 0,00 |
| Débil | 1,11 | 0,04 |
| Moderada | 13,73 | 0,51 |
| Fuerte | 410,49 | 15,32 |
| Muy fuerte | 2.106,97 | 78,62 |
| Severa | 117,60 | 4,39 |
| Muy severa | 19,74 | 0,74 |
| Extrema | 10,36 | 0,39 |

4. Conclusiones y recomendaciones

La agresividad climática se muestra como el factor determinante de la erosión en la península de Paraguaná, catalogándose esta como muy alta, característico de zonas con fuertes vientos y marcado déficit hídrico anual. La erosión eólica actual y potencial presentan una distribución espacial con una marcada influencia de los factores vegetación, suelo y en menor proporción topografía.

La pérdida promedio de suelo bajo las condiciones actuales de cobertura vegetal alcanza 258 t/ha/año, mientras que en ausencia de cobertura vegetal (erosión potencial), el promedio es de 512 t/ha/año. En tal sentido, se estima que la vegetación natural reduce en 50 % la pérdida de suelo por erosión eólica en la península de Paraguaná, respecto a la erosión potencial.

La clasificación del riesgo de desertificación por erosión eólica actual, revela que cerca del 50 % del territorio de la península de Paraguaná posee un riesgo de desertificación de muy fuerte a severo, mientras que, para la misma clasificación, el área bajo riesgo de erosión potencial se incrementaría a un 80 % del territorio total.

Se plantea la necesidad de conservación de la vegetación natural en la península de Paraguaná. El análisis sugiere que, desde el punto de vista biofísico, los efectos de la desertificación se desencadenarían con la pérdida de la vegetación.

5. Agradecimientos

Al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT) por el financiamiento recibido a través del Proyecto “Delimitación de Áreas Vulnerables a la Desertificación en la Península de Paraguaná, como base para la Planificación de la Gestión Ambiental”, Código 2011000316. Adicional, se reconoce la colaboración ofrecida por personal del Laboratorio Suelo, Agua, Planta de la UNEFM, en el tratamiento de las muestras de suelo.

6. Referencias bibliográficas

- ARMBURST, D.; CHEPIL, W. y SIDDOWAY, F. (1964). *Effects of ridges on erosion of soil by wind*. Soil Science Society of America Proceedings. 28 (4): 557-560. Recuperado de: <http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=19429&page=4>
- BUSCHIAZZO, D. y TAYLOR, V. (1993). *Efectos de la erosión eólica sobre algunas propiedades de suelos de la Región Semiárida Pampeana Central*. Ciencia del Suelo, (10/11): 46-53.
- BUSCHIAZZO, D.; PANEBIANCO, J.; GUEVARA, G.; ROJAS, J.; ZURITA, J.; BRAN, D.; LÓPEZ, D.; GAITÁN, J. y CHEPIL, W. (1956). *Influence of moisture on erodibility of soil by wind*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20 (2): 288-292. Recuperado: <http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=19429&page=4>
- CHEPIL, W., SIDDOWAY, F. y ARMBURST, D. (1964). *Wind erodibility of knolly terrain*. J. Soil Water Cons. 19, 179-181. Recuperado: https://infosys.ars.usda.gov/WindErosion/publications/Andrew_pdf/836.pdf
- CHEPIL, W., y WOODRUFF, N. (1963). *The physics of wind erosion and its control*. In: Norman, A. (ed.). *Advances in Agronomy*. Vol 15. Academic Cress Inc., New York. N.Y. pp. 211 – 302. Recuperado de: http://www.weru.ksu.edu/new_weru/publications/Andrew_pdf/795.pdf
- FAO. (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo de la agricultura y la alimentación (FAO). Roma, Italia. 86 p.
- FAO. (1984). *Metodología provisional para la evaluación y la representación cartográfica de la desertificación*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 50 pp.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Riego y Drenaje 56. 322 p. Disponible en: <https://riegos.files.wordpress.com/2008/03/fao56castellano-x0490s.pdf>
- GUEVARA, J. (2013). Cuantificación del perfil del viento hasta 100 m de altura desde la superficie y su incidencia en la climatología eólica. *Terra Nueva Etapa* 29 (46): 81-101. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72130181006>
- LYLES, L. (1975). *Possible effects of wind erosion on soil productivity*. Journal of Soil and Water Conservation, 30 (6): 279 – 283. Recuperado de: http://www.weru.ksu.edu/new_weru/publications/Andrew_pdf/1466.pdf
- MARN. (2004). *Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y mitigación de la sequía de la República Bolivariana de Venezuela* (PAN). Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.

- METI y NASA. (2011). *Advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (Aster) Global digital elevation model (Gdem) version 2. 11W071, 12W071, 11W070 & 12W070*. Ministry of Economy, Trade, and Industry, National Aeronautics and Space Administration. Recuperado de: <https://lpdaac.usgs.gov/products>
- MOGOLLÓN, J.; RIVAS, W.; ALVIZU, P.; MÁRQUEZ, E.; COLMENARES, M., LEMUS, LUIS; HERNÁNDEZ, S. y MARTÍNEZ, A. (2016). *Calidad de la vegetación como indicador de desertificación en la Península de Paraguaná, Venezuela. Ágora de heterodoxias*. 2 (2): 72 - 97.
- MOGOLLÓN, J.; RIVAS, W.; MÁRQUEZ, E.; COLMENARES, M.; MUÑOZ, B.; LEMUS, L.; MARTÍNEZ, A.; HERNÁNDEZ, S. y CAMPOS, Y. (2015). *Calidad del suelo como indicador de desertificación en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela. CROIZATIA*. 16 (1,2): 07 - 24.
- MONCADA, M., LOBO, D., Y LOZANO, Z. (2009). *Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. Agrociencia* 43: 221-230.
- NACIONES UNIDAS. (1994). *Convención internacional de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África*. Documento A/AC.241/27. Recuperado de: <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-spa.pdf>
- QUIRANTES, J. (1987). *Erosión eólica*. Valoración experimental. *Papeles de Geografía (Física)*, (12): 11-18. Recuperado de: <http://revistas.um.es/geografia/article/view/42361>
- REYNOLDS J.; MAESTRE, F.; HUBER-SANNWALD, E.; HERRICK, J. y KEMP, P. (2005). Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas*. 14 (3). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/540/54014302.pdf>
- ROSTAGNO, C.; DEL VALLE, H. y BUSCHIAZZO, D. (2004). *La erosión eólica*. En: González, M., y Bejerman, N. *Peligrosidad geológica en Argentina*. Buenos Aires. ASAGAI. ISBN 9872176604.
- SCHARGEL, R. (2011). *Una reseña de la geografía física de Venezuela, con énfasis en los suelos*. *BioLlania Edición Esp.* (10): 11-26. Disponible en: <http://herbario.unellez.edu.ve/publicaciones/04.pdf>
- SEVILLA, V.; COMERMA, J. y SILVA, O. (2009). *Caracterización de la cuenca del río Canoabo en el Estado Carabobo. III. La erosión de suelos*. *Rev. Agronomía Trop.* 59 (3): 249-264
- SHRESTHA, D.P. (2008). *Guidelines for Monitoring and assessment of wind erosion at site level*. Arab Center for the Study of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD) Damascus,

- Syria. Recuperado de: <http://www.itc.nl/personal/shrestha/winderosion.pdf>
- SKIDMORE, E. 1986. *Soil erosion by wind: An overview*. In: Farouk El-Baz (ed.). *Physics of Desertification*. Martinus Nijoff publishers, Dordrecht/Boston/Lancaster, pp. 261-273. Recuperado de: <http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=19429&page=4>
- SKIDMORE, E. (1988). *Wind erosion*. *Soil Erosion Research Methods*, Soil & Water Conserv. Soc., pp. 203-233. Recuperado de: <http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=19429&page=4>
- SKIDMORE, E. y VAN DONK, S. (2001). *Soil erosion and conservation*. In D.W. Benbi and R. Neider (eds.) *Handbook of Processes in the Soil-Plant Systems: Modeling concepts and Applications*. The Haworth Press, Inc., Binghamton, NY. Recuperado de: <http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=19429&page=4>
- UNESCO. (2010). “*Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe*”. *Dentro del marco del proyecto “Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas de América Latina y el Caribe”*. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°25.
- USGS. (2013). *Imagen Landsat 8 escena LC80060522013240LGN00*. Servicio Geológico de Estados Unidos. Recuperado de: <http://earthexplorer.usgs.gov/>
- VAN DER KNIJF, M.; JONES, J. y MONTANARELLA, L. (1999). *Soil Erosion Risk Assessment in Italy*. Joint Research Centre, Space Applications Institute, European Soil Bureau, pp. 58. Disponible en: http://www.preventionweb.net/files/1581_ereurnew2.pdf
- VILLATORO, M.; HENRÍQUEZ, C. y SANCHO, F. (2008). *Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, CA, CICE y P del suelo*. *Agronomía Costarricense* 32(1): 95-105. Recuperado de: www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm

RELACIÓN TAMAÑO Y CALIDAD DEL PLANTÓN EN CONDICIONES DE VIVERO DE ULCUMANO (*RETROPHYLLUM ROSPIGLIOSII*) EN INIA SAN RAMÓN, CHANCHAMAYO, PERÚ

SIZE AND QUALITY RELATION OF ULCUMANO (*RETROPHYLLUM ROSPIGLIOSII*) IN NURSERY CONDITIONS IN INIA SAN RAMÓN, CHANCHAMAYO, PERU

JUAN PABLO MORE IPANAQUE², EVELIN JUDITH SALAZAR HINOSTROZA¹, JOSÉ
ELOY CUELLAR BAUTISTA²

¹ Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)/Dirección de Desarrollo Tecnológico
Agrario/Programa de Innovación Agraria Forestales/Avenida La Molina 1981, La Molina/Lima, Perú/
<http://www.inia.gob.pe>. ² Universidad Científica del Sur de la carrera profesional Ingeniería Agroforestal

Recibido Agosto 2017. Aceptado Diciembre 2018

Resumen

Para determinar la relación del tamaño y calidad de plantón de ulcumano, se realizó el presente estudio, ubicado en el vivero forestal del anexo San Ramón, Chanchamayo de la Estación Experimental Agraria Pichanaki, Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, utilizando la metodología del índice de calidad de Dickson *et. al* (1960), que permite evaluar las diferencias morfológicas de los plantones y predice el comportamiento que tendrá en el campo; expresa además el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez. El tamaño aéreo del plantón con el sistema radicular se encuentra en desequilibrio ya que a medida que crecen los plantones, la raíz principal en todos los tratamientos se observa un crecimiento mínimo, no significativo, reduciendo las tasas de supervivencia en campo, lo que se demuestra que son plantas que no toleran el estrés hídrico alto o extremo en sus primeros estadios. Todos los plantones presentan una buena asociación micorrítica, ayudando a las plantas en un mejor desarrollo futuro en su campo definitivo. A medida que los plantones son más grandes, la producción de biomasa aérea como radicular aumentan, pero de manera desproporcionada, ya que la biomasa aérea a partir de 40 cm empieza con notorio aumento, mientras que el radicular es mínimo. El porcentaje de lignificación y de humedad se ha mantenido constante en los diferentes tamaños. Por tanto el índice de calidad de Dickson confirma que a partir de los 40 hasta los 50 cm se encuentran los plantones de mejor calidad. Se recomienda utilizar un tamaño de bolsa de 2 kg, ya que es una especie de prolongado desarrollo en vivero; si la bolsa es pequeña se genera una reducción del sistema radicular, que a medida que crece la raíz principal se va torciendo y deformando hasta formar cola de chanco.

Palabras claves: Calidad de plantón, Ulcumano, Índice de Dickson

Abstract

In order to determine the relation between size and quality of ulcumano seedlings, the present study was carried out in the forest nursery of San Ramón Annex, Chanchamayo of the Pichanaki Agrarian Experimental Station, National Institute of Agrarian Innovation applying Dickson's Quality index methodology (Dickson *et al.*, 1960), which allows to evaluate the morphological differences of the seedlings and predicts the behavior once installed, the index also expresses the balance of mass distribution and robustness. The results show that the aerial size of the seedling with the root system are unbalanced, since as the seedlings grow the main root in all treatments shows a minimal not significant growth, reducing the rates of survival in the field. The plants do not tolerate high or extreme water stress in their first stages. All plants have a good mycorrhizal association, helping the plants to better future development in field. As the seedlings are larger both, aerial biomass production as root, increases, but disproportionately, since the aerial biomass from 40 cm starts to increase noticeably while the radicular is minimal. The percentage of lignification and humidity remained constant in the different sizes. Dickson's quality index confirms that from 40 to 50 cm are the best quality seedlings for the ulcumano. It is recommended to use a bag size of 2 kg, since it is a species of prolonged development in nursery; If the bag is small a reduction of the root system is generated, as the main root grows twisted and deformed to form a pig's tail.

Key words: Quality of seedling, Ulcumano, Dickson index

1. Introducción

El ulcumano (*R. ropiglosii*) es originario de América, distribuido en Bolivia, Ecuador, Colombia, Costa Rica, Venezuela y Perú. En el Perú se encuentra distribuido en las regiones de Cajamarca, Huánuco, Cuzco, Amazonas, Madre de Dios, San Martín, Puno, Junín y Pasco. Naturalmente crecen en los bosques muy húmedos montanos bajo (bmh-MB), bosque húmedo tropical (bh-T) y premontano (b-P), con un rango altitudinal de 1 500 a 3 300 msnm, pero hasta 3 750 msnm en Colombia y Perú. Es un árbol de gran tamaño que crece hasta 30 m de altura, como resultado de la deforestación se encuentra más a menudo como individuos dispersos (Zenteno, 2007; Reynel, 2009; UICN, 2013).

El éxito de una plantación depende de múltiples factores. Si las especies elegidas son compatibles con las características ecológicas del área a restaurar y las condiciones climáticas del año de plantación no son especialmente anormales, el método de preparación del suelo (Harvey *et al.*, 1996; Örlander *et al.*, 1996; Roldán *et al.*, 1996), la falta de cuidados después de la plantación (Navarro y Martínez, 1997) y la calidad de la planta, son los factores que más determinan la buena marcha de la restauración (South, 2000). Es por ello que depende principalmente de la calidad de la planta que se producen en los viveros, la cual puede asegurar una mayor probabilidad de supervivencia y desarrollo cuando llegan a establecerse en el lugar definitivo (Mas, 2003).

Duryea (1985) define la calidad del plantón, como aquella que es capaz de alcanzar

un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado y, por lo tanto, cumplir los objetivos establecidos en un plan de restauración. Prieto *et al.*, (2009) define como la capacidad que tienen las plantas para adaptarse y desarrollarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero. Otra definición: es la que reúne las características morfológicas y fisiológicas necesarias para sobrevivir y crecer, en las condiciones ambientales en las que será plantada (Ramírez y Rodríguez, 2004)

El empleo de plantas de buena calidad, asegura en mayor medida el éxito de las plantaciones o reforestaciones, dicha calidad viene definida a través de una serie de parámetros morfológicos y fisiológicos que tratan de caracterizar a la planta en el momento de su establecimiento y que permitirán un seguimiento más controlado de su comportamiento en el campo (Pardos y Montero, 1997), de tal modo que los arbolitos de buena calidad se escogen sanos, frondosos y bien formados, de tamaño apropiado en altura y grosor de tallo, con una proporción balanceada entre la parte aérea y la raíz, cualidades que les permiten su establecimiento y crecimiento vigoroso en el sitio de plantación, asegurando la mayor supervivencia en campo definitivo (Rodríguez, 2008).

Para obtener plantas con mejores características morfológicas y fisiológicas es necesario el desarrollo de técnicas culturales desde el principio en vivero, el tipo de sustrato, el tamaño de bolsa, la calidad de la semilla, el régimen de nutrición y el manejo adecuado del agua de riego, son los elementos principales para obtener planta de alta calidad y a un precio razonable (Leyva *et al.*, 2008).

La clasificación de plantas de calidad se realiza a base a variables morfológicas y fisiológicas; entre las primeras se incluyen: la altura de la planta, el diámetro del tallo o de collar, tamaño, forma y volumen del sistema radical, la relación altura/diámetro de collar, la relación tallo/raíz, la presencia de yema terminal y micorrizas, el color del follaje y la sanidad, el peso seco de los tallos, follaje y raíz. En los atributos fisiológicos se consideran: resistencia al frío, días para que la yema principal inicie su crecimiento, índice de mitosis, potencial hídrico, contenido nutricional y de carbohidratos, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta, micorrización y capacidad de emisión de nuevas raíces (Prieto *et al.*, 2003 y Prieto *et al.*, 2009).

Características fisiológicas

Contenido de humedad: Es el estado hídrico de la planta, éste es dinámico y cambia en relación con la humedad que exista en el sustrato de crecimiento y en el ambiente; cuando están sometidos durante mucho tiempo a tensión hídrica, se altera el proceso de asimilación de CO₂ y de transpiración, lo que se traduce en una degradación del mecanismo de fotosíntesis y un deterioro en su crecimiento (Prieto *et al.*, 2003).

Contenido de nutrientes vigor: La deficiencia de nutrimentos se detecta cuando la

tasa de crecimiento es limitada y cada especie forestal presenta una sintomatología específica. Un ajuste de deficiencia de nutrimentos puede ser realizado mediante un conocimiento previo de los niveles de nutrimentos en el sustrato y en el follaje de la planta (Prieto *et al.*, 2003).

Presencia de la yema apical: La yema apical es el crecimiento acumulado o en reserva para el próximo periodo vegetativo. La presencia de la yema apical indica que la planta tiene poco crecimiento activo. El endurecimiento del brinzal favorece la formación de la yema principal, por lo que los viveristas deben considerar las prácticas necesarias que permitan la formación de yemas (Cleary, 1982 citado por Prieto *et al.*, 2003).

Crecimiento potencial de la raíz: La formación de raíces nuevas es una medida fisiológica indirecta de la calidad de planta. La abundante emisión de raíces demuestra alta calidad y garantiza un rápido crecimiento después de la plantación; cuando se establece en condiciones ambientales favorables para su crecimiento, emite nuevas raíces, las cuales iniciarán el proceso de absorción de agua. El desarrollo de nuevas raíces es una manifestación de las prácticas culturales, de manejo durante el traslado al sitio de plantación y de su condición fisiológica al plantarse (Van, 1983 citado por Prieto *et al.*, 2003).

Carbohidratos de reserva: El contenido de carbohidratos varía de acuerdo al tejido o partes de la planta y los periodos de crecimiento y/o reposo durante al año. Las concentraciones de carbohidratos estructurales, tales como los azúcares y almidones, se determinan mediante técnicas que requieren mucho tiempo en laboratorios bien equipados. Aun así, se han utilizado como indicadores de calidad por varios autores (Rodríguez, 2008).

Parámetros de medición para planta ideal

Índice de robustez: Es la relación entre la altura del brinzal (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) y debe ser menor a seis y es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. El menor valor indica que se trata de arbolitos más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad, ya que valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequía y helada (Rodríguez, 2008). Asimismo, valores más bajos están asociados a una mejor calidad de la planta e indica que es más robusta y con tallo vigoroso; en cambio valores altos indican una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados (Prieto *et al.*, 2003 y Prieto *et al.*, 2009).

La robustez se considera una característica que influye en el desempeño temprano de la plantación. Bajo condiciones favorables, la planta de mayor tamaño generalmente crece mejor que planta más pequeña; sin embargo, planta más grande no sobrevive tan bien como la de menor tamaño (Burdett, 1983, Thompson, 1984, Iverson, 1984 y Ritchie, 1984 citados por García, 2007)

Relación altura del tallo: La longitud de la raíz principal (AT:LR). Predice el éxito de la plantación. Debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de la planta. La relación 1:1 favorece altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales; en sitios con limitantes de humedad se sugiere utilizar brinzales con relaciones de 0.5:1 a 1:1; mientras que en sitios sin limitantes de humedad las relaciones pueden ser de 1.5:1 a 2.5:1. Se recomienda que los viveristas y plantadores establezcan la relación deseada en base a las especies y características del sitio de plantación (Prieto *et al.*, 2003).

Relación peso seco de la parte aérea y el peso seco del sistema radicular: La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero. Una relación igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Rodríguez, 2008), por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1,5 y 2,5 ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta; el cociente de ésta relación no debe ser mayor a 2,5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (Thompson, 1985).

Índice de lignificación: La disminución del suministro de agua induce el estrés hídrico, lo cual contribuye a reducir el crecimiento en altura, promover la aparición de la yema apical e inicia mecanismos de resistencia a sequías y bajas temperaturas. Este índice consiste en determinar el porcentaje de peso seco, con relación al contenido de agua en las plantas, lo cual expresa el nivel de pre-acondicionamiento de las plantas (Prieto *et al.*, 2003).

Índice de calidad de Dickson (ICD): Dickson *et al.*, (1960) desarrollaron un índice de calidad que permite evaluar mejor las diferencias morfológicas entre plantas. Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar planta de menor altura pero con mayor vigor (García, 2007).

2. Materiales y métodos

VARIABLES EN ESTUDIO

Variable independiente:

Tamaño del plantón. Seis tamaños de plantones de ulcumano en vivero a fin de medir a cada uno los parámetros de calidad.

Variables dependientes:

- a. Diámetro basal de tallo. Este dato se registró en mm y se obtuvo midiendo en la parte basal del tallo principal.

b. Tamaño del sistema radicular. Este dato se obtuvo en cm y se midió la longitud del crecimiento radicular. Se midió la raíz principal y también 4 raíces secundarias.

c. **Índice de Robustez.** Este dato se obtuvo dividiendo la altura de la planta sobre el diámetro basal del tallo.

d. **Relación Altura de Planta/longitud de raíz.** (R A/LR)

$$R \text{ BSA/BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca raíz (g)}}$$

Este dato se obtuvo midiendo las medidas de ambos parámetros.

e. **Índice de lignificación**

$$IL = \left[\frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\text{Peso húmedo total (g)}} \right] 100$$

Este dato se obtuvo dividiendo el peso seco de la planta sobre el peso fresco total de la planta, todo multiplicado por cien.

f. **Peso de Planta: Relación Biomasa seca aérea/Biomasa seca raíz**

Este dato se obtuvo en gramos dividiendo el peso seco de la parte aérea sobre el peso seco de la raíz.

g. **Índice de calidad de Dickson**

Se obtuvo como resultado de la aplicación de la siguiente formula:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}}$$

h. **Relación de la raíz principal/ raíz secundaria**

Se calculó dividiendo la longitud de la raíz principal sobre la raíz secundaria que presenta el plantón.

$$R \text{ RP/RS} = \frac{\text{Raíz principal}}{\text{Raíz secundaria}}$$

Con los parámetros evaluados, se calificó la calidad de plantas al comparar los resultados con valores de diferentes estudios realizados con coníferas, ya que con especies peruanas o de bosque montano no se han determinado rangos específicos; se determinaron los valores para plantas con crecimiento normal (Cuadro 1), que incluye

la categoría de calidad media, para los valores muy cercanos a los límites inferiores de los rangos de calidad alta.

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}}$$

Cuadro 1. Valores determinados para calificar la calidad de planta con crecimiento normal en viveros forestales de clima templado

| Variable | Calidad y rango | | |
|--|-----------------|---------------|---------|
| | Alta | Media | Baja |
| Altura (cm) | 15 – 25 | 12 – 15 | < 12 |
| Dímetro basal (mm) | > 4 | 2.5 - 4 | < 2.5 |
| Lignina (%) | 1.33 - 17.01 | 10 - 11.33 | < 10 |
| Relación Altura/Diámetro basal | < 6 | 6 – 8 | > 8 |
| Relación Altura : Longitud de raíz | < 2:1 | 2 - 2.5:1 | > 2.5:1 |
| Relación Biomasa seca aérea/Biomasa seca raíz | 1.5 – 2 | 2 - 2.5 | > 2.5 |
| Índice de Calidad de Dickson | > 0.5 | 0.2 - 0.5 | < 0.2 |

Fuente: Sáenz *et al.*, 2010

Ubicación del Campo Experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el anexo San Ramón – PIA Forestal de la Estación Experimental Agraria Pichanaki - INIA.

El estudio se realizó con una población de 739 plantones de ulcumano de 1,3 años de edad. En la cual se realizó la medición de dos parámetros y la selección de los plantones de ulcumano: la altura total (cm) del plantón o patrón porta injerto, el diámetro a la altura del cuello (mm) y la separación de los plantones de 25, 30, 35, 40, 45 y 50 cm de altura como muestras para realizar el estudio de calidad de plantón más adelante.

Se realizó la selección de 9 plantones de cada tratamiento, de las cuales se tomó 3 repeticiones de 3 plantones cada uno, para luego aplicar el método destructivo con el fin de calcular los siguientes parámetros: peso fresco total, peso fresco aéreo, peso fresco de la raíz, peso seco total, peso seco aéreo, peso seco de la raíz, la medición de la raíz principal y 4 raíces secundarias. Para el cálculo de los pesos secos, las muestras (Parte aérea y raíz) se llevaron a la estufa a 50 °C por 24 horas.

Materiales

Formato de campo, Plantones de ulcumano en vivero de 1,3 años de edad, Wincha, Vernier, Gps, Laptop, Estufa, Cuter, Balanza analítica, Guantes, Bolsa de papel N° 10, Plumón indeleble, Paletas para codificación de plantones y Cámara fotográfica

Metodología

El estudio se realizó con una población de 739 plántones de ulcumano de 1,3 años de edad. En la cual se realizó la medición de dos parámetros y la selección de los plántones de ulcumano: la altura total (cm) del plánton o patrón porta injerto, el diámetro a la altura del cuello (mm) y la separación de los plántones de 25, 30, 35, 40, 45 y 50 cm de altura como muestras para realizar el estudio de calidad de plánton más adelante.

Se realizó la selección de 9 plántones de cada tratamiento, de las cuales se tomó 3 repeticiones de 3 plántones cada uno, para luego aplicar el método destructivo con el fin de calcular los siguientes parámetros: peso fresco total, peso fresco aéreo, peso fresco de la raíz, peso seco total, peso seco aéreo, peso seco de la raíz, la medición de la raíz principal y 4 raíces secundarias. Para el cálculo de los pesos secos, las muestras (Parte aérea y raíz) se llevaron a la estufa a 50 °C por 24 horas.

Diseño y estadístico a emplear

Se trabajó con el diseño completamente aleatorizado (DCA), 6 tratamientos y 3 repeticiones, Figura 1. La unidad experimental estuvo conformada por 15 plantas y la unidad de sub muestreo fue de 3 plantas. El análisis estadístico de los datos de morfología se realizó mediante análisis de la varianza (ANOVA), tras comprobar que cumplían las condiciones de normalidad, linealidad y homocedasticidad, tomando el tratamiento y repetición como factores. La prueba de comparación de medias usada fue Tuckey con un nivel significancia de 0,05 en los tratamientos. Todos los análisis se hicieron utilizando el paquete SPSS 22.00 Chicago, USA.

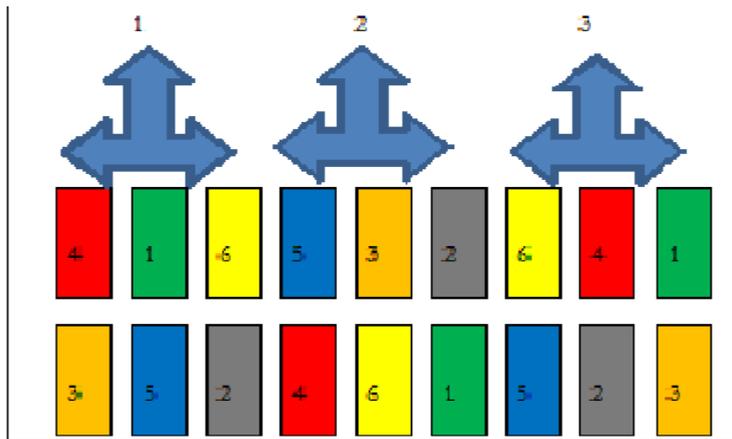


Figura 1. Croquis del experimento

Cuadro 2. Análisis de varianza (ANOVA)

| Fuentes de variación | Grados de Libertad | |
|----------------------|--------------------|---------------|
| Tratamientos | $t - 1$ | $(6 - 1 = 5)$ |
| Error | $t(r - 1)$ | $6(2) = 12$ |
| Total | $(r * t) - 1$ | $18 - 1 = 19$ |

En el análisis de varianza se utiliza el modelo aditivo lineal asociado al diseño:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3 \\ j = 1, 2, 3 \end{array}$$

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta.

μ = Media general.

T_i = Efecto del tratamiento.

E_{ij} = Error experimental

Características del campo experimental

De los Tratamientos:

Numero de filas por tratamiento: 3

Número de plantas por fila: 5

Número de plantas por tratamiento: 15

Número de plantas evaluadas por parcelas: 3

Número de repeticiones: 3

Número de tratamientos: 6

Número de plantas por tratamiento: 15

Número total de plantas evaluables: 9

Se seleccionaron en total 54 plantas, experimentales de 270 plantas

3. Resultados y discusiones

Cama

La cama evaluada para el estudio de calidad de plantón fue de 0,4 m de ancho por 6,5 m de largo, con un periodo de 1,3 años en vivero; la población de la cama al inicio fue de 850 plantas y cuando se realizó la evaluación se aplicó a 739 plantones vivos, y se obtuvo un porcentaje de supervivencia del 86,94 %, la sombra que prestaron los plantones fue por una malla raschel (20 %).

Cuadro 3. Datos de los plántones de *R. rospigliosii* de 1,3 años en vivero

| Especie | Área (m ²) | Edad (años) | *Tipo de sustrato | Tamaño de bolsa | N° Plantas | Sombra (%) | S** (%) |
|------------------------|------------------------|-------------|-------------------|-----------------|------------|------------|---------|
| <i>R. rospigliosii</i> | 2,6 | 1,3 | Tn + C + Rf | 4 x 7 | 739 | 20 | 86,94 |

*Tierra Negra + Compost + Roca fosfórica, **Supervivencia

En los plántones de *R. rospigliosii* de toda la población se obtuvo altura promedio de 31,22 cm (calidad alta), diámetro al cuello de la raíz fue de 4,26 mm (calidad alta) y el índice de robustez de 7,28 clasificado como calidad media (Cuadro 4).

Muestra

Se tomaron 6 tratamientos de 25, 30, 35, 40, 45 y 50 cm de altura con tres repeticiones cada uno y de cada repetición se tomaron tres plantas; pero del tratamiento 6 y 5 se tomó una planta por cada repetición porque no se encontraron más plantas para estas alturas. Al principio se planteó realizar el trabajo con 54 plantas, pero por el problema ya explicado solo se trabajó con 42 plántones de ulcumano.

Cuadro 4. Parámetros de medición y calidad de 739 plántones de *R. rospigliosii* de 1,3 años en vivero

| Especie | Característica | Parámetros | Promedio | Calidad |
|------------------------|----------------|--------------------|----------|---------|
| <i>R. rospigliosii</i> | Morfológicas | Altura (cm) | 31,22 | Alto |
| | | Diámetro (mm) | 4,26 | Alto |
| | | Índice de robustez | 7,28 | Medio |

Atributos morfológicos

Las alturas promedios de los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 fueron 25,34, 30,47, 35,37, 40,42, 45,47, 50,27 cm respectivamente (Cuadro 5) y presentan diferencias significativas entre cada tratamiento; según estas alturas son plántones de buena calidad; mientras que las repeticiones por cada tratamiento homogéneas.

Cuadro 5. Promedio de los parámetros de medición para el cálculo de calidad de plánton de *R. rospigliosii* en vivero

| Trat. | HT cm | Calidad | DAV cm | Calidad | PFT g | PST g | PSA g | PSR g |
|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 25,38 | Alta | 3,91 | Media | 6,75 | 2,07 | 1,64 | 0,43 |
| 2 | 30,47 | Alta | 4,38 | Alta | 9,47 | 2,94 | 2,44 | 0,50 |
| 3 | 35,37 | Alta | 4,34 | Alta | 11,77 | 3,62 | 3,04 | 0,58 |
| 4 | 40,42 | Alta | 5,13 | Alta | 19,18 | 5,90 | 5,10 | 0,80 |
| 5 | 45,47 | Alta | 5,33 | Alta | 24,57 | 8,76 | 7,64 | 1,12 |
| 6 | 50,27 | Alta | 5,50 | Alta | 26,41 | 9,39 | 8,39 | 1,00 |

HT: Altura total, DAC: Diámetro a la altura del cuello, PFT: Peso fresco total, PST: Peso seco total, PSA: Peso seco aéreo, PSR: Peso seco de la raíz, se trabajó con un con nivel de significancia de 0,05

El diámetro a la altura del cuello de la raíz de los 6 tratamientos presentó diferencia significativa con un nivel de significancia de 0,05, según Tukey los tratamiento 3 y 4 son diferentes y generan cambio en los demás factores (Figura 2 B).

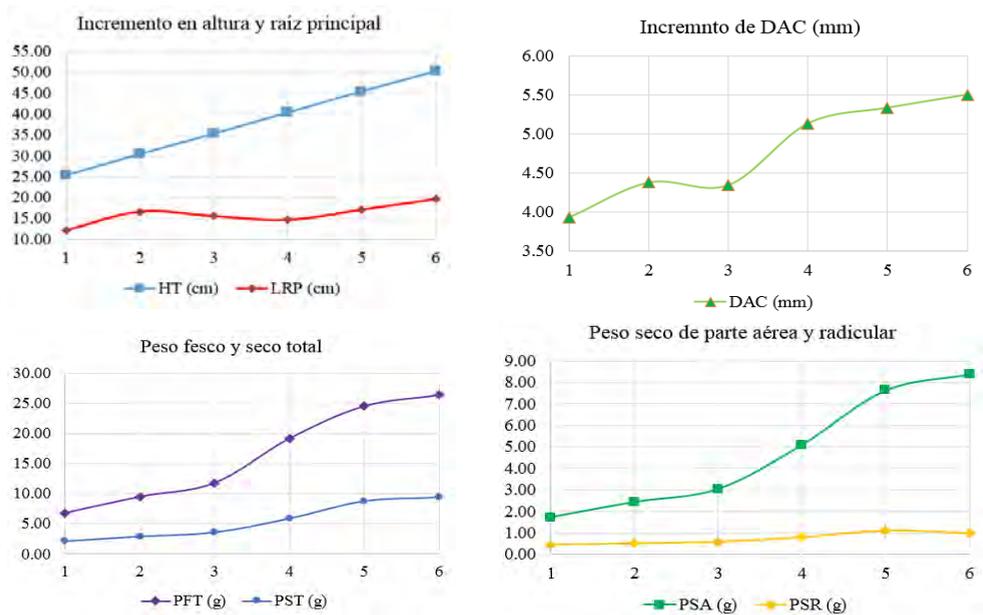


Figura 2. A) Incremento en altura y raíz principal, B) Incremento de DAC, C) Peso fresco y seco total, D) Peso seco de parte aérea y radicular

Se ha determinado que el diámetro de los tratamientos 1, 2, 3, son iguales, de igual manera para 4, 5, 6; es decir, que la altura influye sobre los diámetros de los tratamientos a pesar que el rango de diferencia entre DAC de cada tratamiento es pequeño, pero es significativo y se ven influenciado por la altura, las condiciones climáticas y del manejo del vivero. En la cual, la altura máxima (50,27 cm) se obtuvo a un diámetro de 5,50 mm, mientras para la altura mínima (25,38 cm) fue de 3,91 mm Según los valores determinados para calificar la calidad de planta, según el DAC a partir del tratamiento 2 al 6, los plantones presentan una buena calidad, mientras que el 1 es de calidad media (Cuadro 5).

El peso seco total también presentó diferencias significativas en los tratamientos, realizando la prueba de Tukey se encontró que los tratamientos 3, 4 y 5 son diferentes entre sí y generan cambios en los demás factores (Figura 2 C), mientras que los tratamientos 1, 2 y 3 son iguales, también en 5 y 6 se encontró igualdad (Cuadro 5). El tamaño de los plantones influye en la producción de biomasa y a partir de los 40 cm las plantas producen más biomasa como se puede apreciar en la Figura 2 C.

La producción de biomasa seca aérea en el ulcumano presenta diferencia significativa según ANOVA con un nivel de significancia del 0.05 en los tratamientos

y según Tukey se encontró los mismos resultados que la biomasa seca total.

Para el caso de biomasa seca radicular que produce el ulcumano, se encuentra que existe diferencia significativa entre los pesos secos de las raíces de los 6 tratamientos, ya que el tratamiento 5 está generando diferencia entre los demás tratamientos (Cuadro 5); es decir, que el tamaño de plantones influye en la producción de biomasa radicular en los tratamientos.

En la Figura 2 D se ve claramente el desequilibrio de la producción de la biomasa seca aérea con la radicular, ya que a partir del tratamiento 4 o de 40 cm de altura los plantones empezaron a producir más biomasa aérea, mientras que la biomasa radicular se ha mantenido constante, a causa de la bolsa.

El tamaño de las raíces principales y secundarias de los plantones, según ANOVA no presentan diferencia significativa ya que obtuvo un p valor de 0,174 y 0,052 respectivamente (Cuadro 6). Quiere decir, que la altura del planton no ha influido en la longitud de las raíces principales y secundarias, pero si ha influido el tamaño de bolsa generado un retardo en el crecimiento de las raíces por ser una bolsa de 4 x 7 y por 1,3 años en vivero.

Cuadro 6. Sistema radicular, forma y características que presentan *R. rospigliosii* en vivero con los 6 tratamientos

| Trat | LRP cm | LRS cm | FR | | | | Estado | Pm | Pn |
|------|--------|--------|----|---|---|----|--------|----|----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
| 1 | 12,27 | 8,2 | 5 | 3 | 1 | - | Sana | Si | No |
| 2 | 16,69 | 9,21 | 5 | 3 | 1 | - | Sana | Si | No |
| 3 | 15,61 | 9,9 | 9 | - | - | - | Sana | Si | No |
| 4 | 14,74 | 9,94 | 8 | 1 | - | -- | Sana | Si | No |
| 5 | 17,17 | 10,23 | 2 | - | - | 1 | Sana | Si | No |
| 6 | 19,67 | 13,06 | 1 | . | - | 2 | Sana | Si | No |

El vigor que presentan los plantones es bueno, ya que todos se encontraban en buen estado, sin presencia de plagas o enfermedades. Pero la forma de la raíz en la muestra evaluada se encontró que el 71 % estaba bueno y recto, el 17 % estaban torcidas, el 7 % con presencia de cola de chancho encontrados en los tratamientos 5 y 6 a causa del tamaño de la bolsa y el tiempo en vivero (Figura 3), y el 5 % con raíces bifurcadas. También cabe resaltar que el 100 % de los plantones presentan gran cantidad de micorrizas (Figura 4) y sin presencia de nematodos.

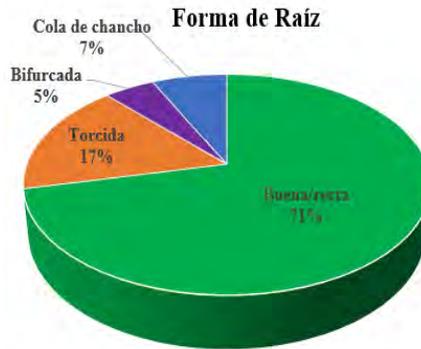


Figura 3. Forma de raíz del ulcumano en vivero



Figura 4. Raíces de ulcumano con presencia de micorrizas.

Calidad de plantón

El índice de robustez mostró diferencias significativas en los tratamientos y comparando los tratamientos se encontró según Tukey que el tratamiento 1, 3, 6 son diferentes entre sí y están generando diferencia entre los demás factores, y también el tratamiento 1 y 2 son iguales; 3, 4 y 5 de igual manera, el principal tratamiento que genera variabilidad fue el 3. Según los valores determinado hasta el tratamiento 2 se encuentra plantones de calidad media, no se puede incluir el tratamiento 4 ya se con el tratamiento 3 y 5 son iguales según Tukey, es decir son plantas con baja capacidad de supervivencia en campo y con problemas de desecación por el viento y no soportan lugares con limitada humedad.

El análisis estadístico de la R A/LR no presentó diferencias significativas en los seis tratamientos, presentan la misma media.

El tratamiento 2 presenta una buena relación, mientras que el 1 y 3 tienen una relación media y 4, 5, 6 presentan una relación baja a causa del desequilibrio entre el crecimiento de la parte aérea con la radicular.

La R BSA/BSR mostró diferencias significativas entre los tratamientos, según Tukey los tratamientos 1, 3 y 6 son diferentes y están generando diferencia con los demás tratamientos con respecto a la altura de los ulcumano; según los valores determinados, todos los seis tratamientos presentan una calidad baja de plánton por una Desproporción entre la biomasa aérea con la radicular, es decir que existe un sistema radicular insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta (Figura 5 A).

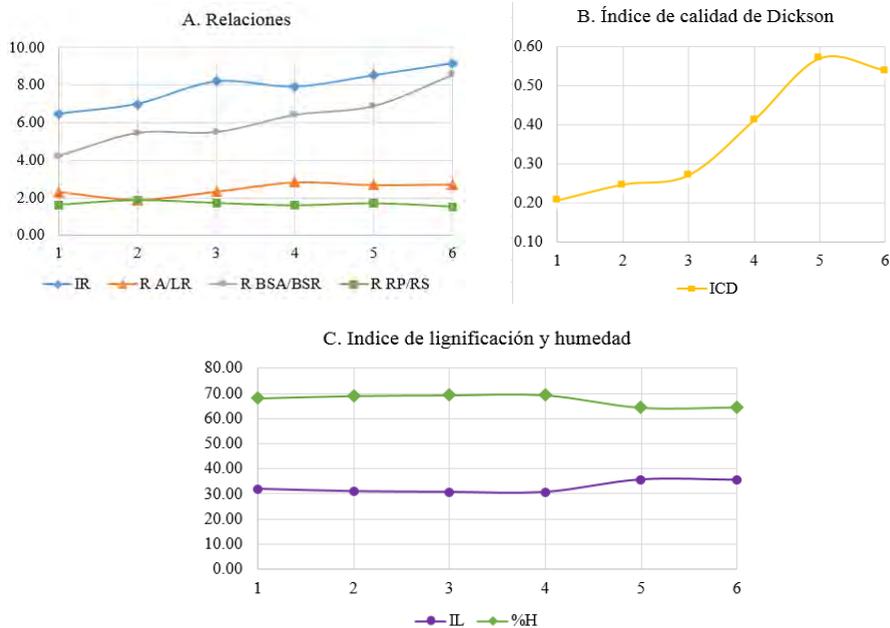


Figura 5. Índices de calidad de plánton de ulcumano en vivero

Según el análisis estadístico, el índice de lignificación no presentó diferencia significativa entre los 6 tratamientos, en la cual se encontró en un intervalo de 30,75 % a 35,68 % de lignificación de los plántonos evaluados (Cuadro 7), lo que significa que estuvieron sometidos a un estrés hídrico alto (Prieto, 2004). Si observamos la Figura 5 C, se puede observar que a partir del tratamiento 5 ya empieza a aumentar este índice, pero no es significativo.

Con respecto al índice de calidad de Dickson presentó diferencia significativa entre los tratamientos, y según la prueba de Tukey los tratamientos 1, 5 y 6 están generando diferencia con los demás tratamientos, pero los tratamientos 1, 2, y 3 son homogéneos y de igual manera entre los tratamientos 4, 5 y 6. Según los valores

determinados desde el tratamiento 1 al 4 son de calidad media, mientras que el 5 y 6 presentan una calidad de plantón alta. En la Figura 5 B se nota claramente que el tratamiento 5 se encuentra la mejor calidad de planta y que se puede usar para el injerto, porque a partir del 6 nuevamente empieza a disminuir.

El % de humedad de los plantones son homogéneos ($p < 0,005$), pero observamos a medida que crecen los pontones disminuye el porcentaje de humedad, Cuadro 7; esto se debe al proceso de lignificación que presentan las plantas y el acondicionamiento que se le da a los plantones (Figura 5 C).

Cuadro 7. Parámetros de calidad de plantón en 6 tratamientos de *R. rospigliosii* en vivero

| TRAT | IL | Calidad | ICD | Calidad | %H | R RP/RS |
|------|-------|---------|------|---------|-------|---------|
| 1 | 31,96 | Alta | 0,21 | Medio | 68,05 | 1,64 |
| 2 | 31,01 | Alta | 0,25 | Medio | 68,99 | 1,88 |
| 3 | 30,75 | Alta | 0,27 | Medio | 69,25 | 1,73 |
| 4 | 30,72 | Alta | 0,41 | Medio | 69,28 | 1,60 |
| 5 | 35,68 | Alta | 0,57 | Alto | 64,32 | 1,71 |
| 6 | 35,51 | Alta | 0,55 | Alto | 64,49 | 1,54 |

IL: Índice de lignificación, ICD: Índice de calidad de Dickson, %
H: Contenido de humedad, R RP/RS: Relación raíz principal -
raíz secundaria. Nivel de significancia de 0,0.

La relación entre las raíz principal y secundaria en los 6 tratamientos son homogéneos con un nivel de significancia del 0.05. Esta relación presenta un proporción entre 1,60 a 1,88 (Cuadro 7), mostrando una buena relación o distribución en la bolsa, pero no se encontró como se esperaba ya que el crecimiento de las raíces se vieron afectadas por el tamaño de la bolsa y el tiempo que han estado en el vivero.

4. Conclusiones

La población evaluada presenta un nivel de supervivencia medio por el periodo de tiempo que ha estado en el vivero, las principales muertes de plantones ha sido a causa de caracoles y por falta de riego, en un estudio posterior este porcentaje se puede aumentar.

En la muestra seleccionada su altura es de calidad alta; teniendo en cuenta el diámetro a partir de los 30 a 50 cm de altura, se obtienen plantones de mejor calidad.

El tamaño de la parte aérea con el sistema radicular se encuentra es desequilibrio ya que a medida que crecen los plantones, la raíz principal en todos los tratamientos tiene un crecimiento mínimo, no significativo. Considerando las tasas de supervivencia en campo, se demuestra que son plantas que no toleran el estrés hídrico alto o extremo en sus primeros estadios. Es una planta que solo se encuentra en los bosques montanos húmedos.

El tamaño de la bolsa ha influido notoriamente en las raíces del plantón, generando la reducción del sistema radicular, ya que a medida que crece la raíz principal se han torcido o deformado y luego tiende a formar "cola de chancho". Todos los plantones presentan una buena asociación con micorrizas, ayudando a las plantas en un mejor desarrollo futuro en su campo definitivo.

A medida que los plantones son más grandes, la producción de biomasa aérea así como la radicular aumentan, pero de manera desproporcionada, ya que la biomasa aérea a partir de 40 cm tiene notoriamente aumento mientras que el radicular aumenta en forma mínima. Existe un sistema radicular insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta.

El porcentaje de lignificación y de humedad se ha mantenido constante en los diferentes tamaños y se ha demostrado que los plantones han estado sometidos a estrés hídrico en el periodo de vivero. Son plantas que no soportan periodos de sequías largos o lugares con deficiencia de humedad.

El índice de calidad de Dickson confirma que a partir de los 40 hasta los 50 cm se encuentran los plantones de mejor calidad para el ulcumano. Se puede concluir que este rango de altura es el más idóneos para realizar los injertos.

Los injertos que se pueden aplicar para especie son los siguientes: Injerto inglés o de lengüeta, de hendidura, y lateral de cuña. A la hora de realizar los injertos hay que mantener la humedad relativa alta, el injerto se tiene que amarrar con cinta de injertar o plástico, el esqueje debe contar con 2 a 3 yemas y el diámetro del patrón y la púa tienen que ser la misma.

5. Bibliografía

- DICKSON, A.; LEAF, L. y HOSNER, E. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. *Forest Chronicle* 36: 10-13.
- DURYEA, L. 1985. Evaluating seedling quality: importance to reforestation. En: M.L. Duryea, editor. *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Páginas 1-4. Oregon State University, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.
- GARCÍA, A. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. In: XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. 10 p. In: <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.Garcia.pdf> (Consultada: 19 de Septiembre de 2008).
- HARVEY, E.; PAGE-DUMROSE, S.; JURGENSEN, F.; GRAHAM, T. y TONN, R. 1996. Site preparation alters biomass, root and ectomycorrhizal development of out planted western white pine and Douglas-fir. *New Forests* 11: 255-270.
- LEYVA, F.; ROSELL,R.; RAMÍREZ, A. y ROMERO, I. 2008. Manejo de

- endurecimiento por riego para elevar la calidad de las plantas de *Eucalyptus* sp. cultivadas en vivero de la Unidad Silvícola Campechuela. Universidad de Granma. Central del Batey. Campechuela. Granma. Cuba. 14 p.
- MAS, J. 2003. Guía práctica para la producción de planta en un vivero. Boletín Técnico Número 5, Volumen 1. Comisión Forestal del Estado. Morelia, Michoacán, México. 37p.
- NAVARRO, M. y MARTÍNEZ, A. 1997. Las marras producidas por ausencia de cuidados culturales. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 4: 43-57.
- ÖRLANDER, G.; EGNELL, G. y ALBREKTSON, A. 1996. Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. *Forest Ecology and Management* 86: 27-37
- PARDOS, M. y MONTERO, G. 1997. Ensayo de diferentes técnicas de cultivo de plantas de Alcornoque en vivero y su seguimiento en campo. S.E.C.F. No 4. Madrid.España. pp. 93-101.
- PRIETO, A.; VERA, G. y MERLÍN, E. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango, Dgo. México. 24 p.
- PRIETO, A.; GARCIA, L.; MEJIA, M.; HUCHÍN, S. y AGUILAR, L. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. México. 48 p.
- RAMÍREZ, A. y RODRÍGUEZ, A. 2004. Efecto de la calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. In: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/629/62910101.pdf>.
- REYNEL, C. 2009. Árboles de los ecosistemas forestales andinos: manual de identificación de especies. Programa regional ECOBONA.
- RODRÍGUEZ, A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156 p
- ROLDÁN, A.; QUEREJETA, I.; ALBADALEJO, J. y CASTILLO, V. 1996. Survival and growth of *Pinus halepensis* Miller seedlings in a semi-arid environment after forest soil transfer, terracing and organic amendments. *Annales des Sciences Forestières* 53: 1099-1112.
- SOUTH, B. 2000. Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth, Report No. 1. Alabama Agricultural Experiment Station

(Auburn University), Auburn (Alabama).

THOMPSON, B. 1985. Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking? In: Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test. M. L. Durges. Forest Research Laboratory. Oregon State University. 59-65.

UICN. 2013. Lista Roja de Especies Amenazadas (ver.2013.1). Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>. (Consultado el 12 de junio de 2013).

ZENTENO, S. 2007. *Retrophyllum rospigiliosii* (Podocarpaceae) Un Nuevo registro de pino de monte, en el noroeste de Bolivia.

RESISTENCIA DE LA MADERA DE *TABEBUIA ROSEA* PRESERVADA CON BORO, DELTAMETRINA Y ACQ A TERMITAS *CRYPTOTERMES BREVIS*

RESISTANCE OF *TABEBUIA ROSEA* WOOD PRESERVED WITH BORON, DELTAMETHRIN AND ACQ TO *CRYPTOTERMES BREVIS* TERMITES

AMARILIS BURGOS, JOSÉ M. GONZÁLEZ A. y OSVALDO ENCINAS

Grupo de Investigación en Conservación de Maderas, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Mérida, Venezuela

Recibido Mayo 2018. Aceptado Junio 2018

Resumen

Se logra durabilidad inducida en la madera de apamate (*Tabebuia rosea*) utilizada en la industria del mueble en Venezuela, mediante la preservación de probetas con diferentes concentraciones de soluciones preservantes que contienen: ácido bórico – bórax (50:50 pp), Deltametrina (2,5 %) y cobre amoniacal cuaternario (13 % de cobre). Se ensayaron tres métodos de preservación: simple inmersión y posterior difusión, baño caliente – frío y a presión (Lowry modificado) logrando absorciones calificadas como altas según la clasificación de la Junta del Acuerdo de Cartagena y retenciones de menores a altas, según la concentración de los productos ensayados.

Para evaluar la durabilidad natural e inducida de la madera de apamate se realizaron ensayos usando termitas de madera seca *Cryptotermes brevis*. La madera de apamate en su estado natural tiene resistencia moderada al ataque de termitas, pero se mejora su resistencia mediante la preservación, lo que permite conseguir mortalidad completa de las termitas y ningún indicio de erosión o desgaste ocasionado por las termitas.

Palabras claves: apamate, durabilidad inducida, *Cryptotermes brevis*, compuestos de boro, Deltametrina, cobre amoniacal cuaternario.

Abstract

Induced durability is achieved in apamate wood (*Tabebuia rosea*) used in the furniture industry in Venezuela, by treating wood samples with different concentrations of preservative solutions containing: boric acid - borax (50:50 pp), Deltamethrin (2,5 %) and ammoniacal copper quats (13% copper). Three preservation methods were tested: simple immersion and subsequent diffusion, hot-cold and pressure treatment (Lowry modified) achieving high-rated absorptions according to the classification of the Cartagena Agreement Board and withholdings from minor to high, according to the concentration of the products tested.

To evaluate the natural and induced durability of apamate wood, tests were carried out using dry wood termites *Cryptotermes brevis*. Apamate wood in its natural state has moderate resistance to termite attack, but its resistance is improved by preservation, which allows to achieve complete termite mortality and no evidence of erosion or wear caused by termites.

Keywords: Apamate Wood, induced durability, *Cryptotermes brevis*, boron compounds, deltamethrin, ammoniacal copper quats

1. Introducción

En el comercio internacional de los productos del bosque, la oferta de maderas con durabilidad natural está disminuyendo rápidamente y hay países, como Venezuela, que está recurriendo a la comercialización de maderas con poca durabilidad, como el apamate, *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC, que tiene muy poca durabilidad natural frente al ataque de insectos, particularmente las termitas de madera seca. Muy solicitada en el mercado de los muebles por la atractiva figura ondulada de la madera es utilizada en muebles, chapas decorativas y ebanistería, pero requiere protección contra los agentes destructores de la madera como hongos e insectos, particularmente termitas de madera seca.

Para que el apamate adquiera durabilidad inducida y resistencia, los agentes destructores de la madera requiere ser preservada con productos químicos que contengan algún principio activo que sea efectivo contra hongos e insectos. Aunque su uso recomendado se refiere a servicio fuera de contacto con suelos y protección contra humedad, son pocas las recomendaciones que se hacen para que la madera de apamate adquiera durabilidad inducida, por la escasez de productos químicos que sean efectivos contra la biodegradación, y sean al mismo tiempo compatibles con el ambiente. Así, se tiene que aplicar un método de tratamiento que sea sencillo y económico y se deben utilizar productos químicos que sean efectivos contra hongos e insectos y al mismo tiempo no sean dañinos al ambiente y los humanos.

En este ensayo, se prueban tres métodos de preservación: dos que no requieren presión, como el método de inmersión y posterior difusión y baño caliente - frío y uno usando presión.

Objetivo general

Evaluar la efectividad de compuestos químicos que contienen boro, piretroides y cobre amoniacal cuaternario, aplicados mediante tres métodos de preservación, para mejorar la durabilidad inducida de la madera apamate contra el ataque de termitas secas.

Objetivos específicos:

Preparar soluciones preservantes para la madera de apamate con: a) tres concentraciones (3 %, 5 % y 7 %) de una mezcla de ácido bórico y bórax (50 % cada una p/p); b) tres concentraciones del piretroide sintético Deltametrina al 2,5 % (0,5 %, 5 %, 7,5 %).

1 % y 1,5 %) y c) tres concentraciones (2 %, 3 % y 4 %) de cobre amoniacal cuaternario conteniendo 13% de cobre.

Preservar madera de apamate usando tres métodos de preservación: a) Inmersión durante 6 días con un período de difusión de dos semanas; b) Presión a 10 kg/cm² durante una hora, usando el método Lowry modificado (sin vacío inicial) y c) Baño caliente – frío, considerando baño caliente a 60 ° C durante cuatro horas y baño frío a temperatura ambiente por una hora.

Evaluar la efectividad de los procesos y productos químicos ensayados en la protección de la madera de apamate (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC) ante el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker), empleando la metodología del Instituto de Pesquisas Tecnológicas del estado de Sao Paulo (Brasil).

2. Materiales y métodos

Las probetas de madera de apamate, se prepararon en la carpintería del Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF), en el área de carpintería, usando cuatro (4) tabloncillos secos al aire proporcionados por un aserradero ubicado en el municipio Cruz Paredes de Barrancas, estado Barinas, Venezuela. Siguiendo la metodología del Instituto de Pesquisas Tecnológicas del estado de Sao Paulo, Brasil (IPT, 1980), las probetas elaboradas fueron de 7 cm de largo, 2,5 cm de ancho y 0,4 cm de espesor, midiendo su volumen con Vernier digital. La Deltametrina procede de una muestra comercializada en el país; el ACQ procede de muestras enviadas por la empresa FKR de España y los compuestos de boro se adquirieron de proveedores locales.

El acondicionamiento de las probetas, la preparación de las soluciones preservantes, los procesos de preservado, siguieron los protocolos usuales en laboratorio.

Las termitas de madera seca se colectaron de puertas, partes de camas y closet atacadas por este insecto, cuidando no dañarlas resguardándolas en recipientes asépticos de vidrio junto con pedazos de papel y trozos de madera.

Se prepararon cilindros de vidrio color caramelo de 3,5 cm de diámetro interno por 8 cm de alto que se fijaron con parafina en las probetas apareadas (Figura 1) y luego se introdujeron 40 termitas (38 obreras y 2 soldados); se prepararon tantos frascos como indicaba el diseño experimental, considerando 5 repeticiones por tratamiento y agregando cinco cilindros adicionales que contenían probetas de madera de apamate sin tratamiento alguno. Los recipientes así preparados se colocaron en un cuarto acondicionado a 25 °C y 75 % de humedad relativa por un período de 45 días con observaciones de mortandad a los 15 y 30 días y al final de los 45 días, se procedió a evaluar la eficiencia de los preservantes y tratamiento considerando la mortalidad y el patrón de desgaste o erosión causado por las termitas en la madera. La mortalidad se evaluó, siguiendo la escala recomendada por el IPT de Brasil: 0 Ningún desgaste, 1

Desgaste superficial, 2 Desgaste moderado, 3 Desgaste acentuado y 4 Desgaste profundo.



Figura 1. Recipientes de vidrio color caramelo pegadas con parafina a las probetas de madera

El diseño experimental considerado fue el factorial, porque permite el estudio de la interacción, es decir el grado y forma en que se modifica un factor por los niveles de otros factores.

3. Resultados y discusión

El apamate, *Tabebuia rosea*, es una especie forestal originaria de América Tropical, extendiéndose desde el sur de México, a través de América Central y las Antillas hasta Venezuela, Colombia y Ecuador. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm; ocasionalmente se puede encontrar a altitudes mayores. Crece en sitios con precipitaciones entre 1500 a 2500 mm anuales y temperaturas entre 20 y 27°C, soporta inundaciones ocasionales.

El árbol alcanza alturas de 20 a 30 m y 100 cm de diámetro o más. Fuste recto, regular, cilíndrico, con base cónica o ligeramente alargada.

La madera es de color castaño dorado, sin olor ni sabor característico. El grano es de recto a entrecruzado, textura de mediana a gruesa, brillo bajo, veteado pronunciado; peso específico 0,48 (moderadamente pesada) (MARNR, 1991). Anillos de crecimiento definidos por parénquima marginal algunas veces asociado a reducción del diámetro radial de las paredes de las fibras y zona ausente de poros. Porosidad difusa. Poros con tendencia a la disposición tangencial, solitarios y múltiples radiales de 2 (-5), 6-11 poros por mm². Platinas de perforación simple, ocasionalmente foraminada. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, diámetro de 3,75 – 6,25 μm . Tíldes presente, parénquima paratraqueal aliforme de ala corta, estructura estratificada presente en radios y parénquima axial, algunas veces en fibras 3 - 3, 5 estratos de radios por mm (León, 2014).

La durabilidad natural del duramen de apamate es calificada como moderadamente resistente (clase 3 según ASTM D 2017-71) o poco resistente (Clase 4 según EN 350-1) y no se recomienda para servicio en exteriores. Se reporta que es una madera difícil de preservar, inclusive su albura (Apamate, roble. *Tabebuia rosea*, 2018).

Absorción

Los valores de absorción de los preservantes por la madera de apamate no son iguales ni para los productos ensayados ni para los métodos utilizados; el valor más bajo se obtuvo con la mezcla ácido bórico y bórax (50:50 p/p) con 5 % de concentración (295 Kg/m³) y el valor más alto con Deltametrina (2,5 %) con 1,5 % de concentración (448,04 Kg/m³). El Cuadro 1, presenta los valores de absorción obtenidos con la combinación preservante - concentración - método utilizado.

Cuadro 1. Valores de absorción obtenidos en la madera de apamate con los diversos preservantes, métodos de preservación y concentraciones

| Preservante | Concent. | Absorción L/m ³ por Método | | |
|--|----------|---------------------------------------|------------------|--------------------|
| | | Inmersión | Lowry modificado | Baño caliente frío |
| Mezcla Ácido bórico y bórax (50:50 pp) | 3 % | 420,68 | 310,34 | 334,23 |
| | 5 % | 402,32 | 295,57 | 397,97 |
| | 7 % | 352,81 | 295,00 | 349,03 |
| Deltametrina (2,5 %) | 0,5 % | 410,27 | 346,03 | 448,04 |
| | 1 % | 426,27 | 339,45 | 485,26 |
| | 1,5 % | 443,73 | 309,03 | 488,43 |
| Cobre amoniacal cuaternario (13 % Cu) | 2 % | 413,88 | 339,44 | 413,01 |
| | 3 % | 389,65 | 322,38 | 431,41 |
| | 4 % | 424,55 | 324,04 | 445,38 |

La madera de apamate ensayada tuvo una densidad de 0,58 g/cm³ y puede clasificarse como madera con alta absorción, según los grados establecidos por la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988) que ha trabajado con maderas de la región Andina, Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de las maderas de la región andina según su capacidad de absorción de la Junta del Acuerdo de Cartagena

| Grado | Absorción (L/m ³) |
|-----------------|-------------------------------|
| Alta absorción | Más de 200 |
| Buena absorción | 150 a 200 |
| Mala absorción | 100 a 149 |
| Nula absorción | Menos de 100 |

Realizado el análisis de varianza respectivo, tanto los métodos como las concentraciones difieren estadísticamente al 0,01 % de confianza; lo mismo sucede con las interacciones preservante por concentración y método por preservante y concentración. De todos modos es posible diferenciar las absorciones conseguidas por los tres métodos de preservación. Realizando un análisis de subgrupos homogéneos,

se obtienen dos subconjuntos estadísticamente diferentes (Alfa = 0,05): un subconjunto formado con los valores más altos de absorción obtenidos con los métodos de inmersión y baño caliente – frío y un subconjunto conformado por el método Lowry modificado para los menores valores de absorción, Cuadro 3.

Cuadro 3. Subgrupos homogéneos en absorción según los valores obtenidos por los tres métodos

| Método | Subconjunto | |
|----------------------|-------------|--------|
| | 1 | 2 |
| Lowry modificado | 320,15 | |
| Inmersión | | 409,36 |
| Baño caliente - frío | | 421,42 |

Valores de absorción de 164 a 473 L/m³ se consiguieron en diez maderas mexicanas con densidades mediana a altas (*Tilia mexicana* Schldl., *Cupressus lindley* Klotzsch ex Endl., *Alnus acuminata* Kunth., *Cedrela odorata* L., *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsb., *Lysiloma bahamensis* Benth., *Fagus mexicana* Martínez., *Caesalpinia granadillo* Pittier., *Platymiscium dimorphandrums* (J.D.Smith) Donn. Sm. y *Quercus* spp.) empleando el método caliente frío y utilizando sales de boro (Sotomayor y Villaseñor, 2016).

Llama la atención que en el presente trabajo, el método Lowry modificado, que utiliza presión, permite absorciones bajas; utilizando este método de preservación y empleando cobre amoniacal cuaternario, Encinas *et al.* (2008) obtuvieron absorciones por debajo de 100 L/m³ en la madera de *Caryodaphnopsis cogolloi*, especie de mediana densidad.

Retención

La retención o absorción neta, es el producto de multiplicar la absorción por la concentración del preservante.

Las retenciones obtenidas en este trabajo pueden calificarse entre malas y altas si se utiliza el sistema de clasificación de retención de la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988), Cuadro 4; con excepción de la preservación con Deltametrina en su concentración más baja (0,5 %) que puede considerarse como retención nula, con cualquiera de los métodos de preservación utilizados. Las mejores retenciones se obtuvieron aplicando métodos de preservación por inmersión y baño caliente frío.

Cuadro 4. Valores de retención de acuerdo a la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988)

| Grado | Retención (kg/m ³) |
|-----------------|--------------------------------|
| Alta retención | Mayor a 10 |
| Buena retención | 8 a 10 |
| Mala retención | 4 a 8 |
| Nula retención | Menor a 4 |

El Cuadro 5 presenta detalladamente los valores de retención calculados para la madera de apamate a partir de la absorción, tipo y concentraciones de los preservantes; naturalmente a mayor concentración mayor es la retención.

Cuadro 5. Retenciones o absorción neta

| Preservante | Concent. | Retención kg/m ³ por Método | | |
|--|----------|--|------------------|--------------------|
| | | Inmersión | Lowry modificado | Baño caliente frío |
| Mezcla Ácido bórico y bórax (50:50 pp) | 3 % | 12,62 A | 9,31 B | 10,02 A |
| | 5 % | 20,11 A | 14,77 A | 19,89 A |
| | 7 % | 24,69 A | 20,65 A | 24,43 A |
| Deltametrina al 2,5 % | 0,5 % | 2,05 N | 1,73 N | 2,24 N |
| | 1 % | 4,26 M | 3,39 N | 4,85 M |
| | 1,5 % | 6,65 M | 4,63 N | 7,32 M |
| Cobre amoniacal | 2 % | 8,27 B | 6,78 M | 8,26 B |
| | 3 % | 11,68 A | 9,67 B | 12,94 A |
| cuaternario (13 % Cu) | 4 % | 16,98 A | 12,96 A | 17,81 A |

Nota. Las letras indican el grado de retención obtenida según la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988), A alta, B buena, M mala y N nula retención.

La mayor retención se obtuvo con la mezcla de boro al 7 % de concentración y por el método de inmersión (24,69 kg/m³), muy semejante al tratamiento baño caliente – frío y la menor retención con Deltametrina (2,5 %) al 0,5 % de concentración por el método Lowry modificado.

La obtención de bajas retenciones es frecuente cuando se trata de maderas del bosque tropical; Sotomayor y Villaseñor (2016) usando sales de boro obtuvieron retenciones de solo 4,07 kg/m³ utilizando como método de preservación baño caliente y frío. En este trabajo, la retención promedio de boro por el método baño caliente frío fue 18,12 kg/m³.

Utilizando ACQ con el método Lowry modificado, Encinas *et al.* (2013) reportaron bajas retenciones de 1,33 kg/m³ que se atribuyeron a la presencia de tñlides y contenidos celulares en la madera evaluada; el apamate no contiene tñlides, lo que podría explicar la alta retención obtenida.

Las diferencias entre métodos, productos químicos y concentraciones son altamente significativas (99 % de confianza), según el análisis de varianza; lo mismo sucede con las interacciones entre productos y métodos de preservación.

Considerando la variación de retenciones obtenidas con los distintos métodos, es posible identificar dos subconjuntos homogéneos según la prueba de Tukey que indica que los métodos por inmersión y baño caliente – frío, con retenciones muy similares (11,42 y 11,92 kg/m³), conforman un subgrupo muy diferente a la retención obtenida (9,32 kg/m³) por el método Lowry modificado, ver Cuadro 6. No se realizó el

tratamiento de Baño caliente – frío con las soluciones de ACQ porque la aplicación del baño caliente podría descomponer o alterar el componente amoniacal.

Cuadro 6. Subgrupos homogéneos en retención por los métodos ensayados (DHS de Tukey Alfa = 0,05)

| Método | N | Subconjunto | |
|----------------------|----|-------------|-------|
| | | 1 | 2 |
| Lowry Modificado | 90 | 9,32 | |
| Baño Caliente - Frío | 60 | | 11,46 |
| Inmersión | 90 | | 11,92 |

Realizada la prueba de efectos intersujetos, atendiendo las diferencias estadísticamente significativas entre productos preservantes y sus concentraciones, independientemente del método de preservación, es posible caracterizar y diferenciar las retenciones aplicando un test de Tukey para subconjuntos homogéneos, Cuadro 7.

Cuadro 7. Subconjuntos homogéneos para retención atendiendo al producto preservante y sus concentraciones (DHS de Tukey, Alfa = 0,05)

| Producto | N | Subconjunto | | |
|----------------------|----|-------------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Deltametrina | 90 | 4,1278 | | |
| Cobre Amoniacal cuat | 60 | | 11,0620 | |
| Ac Bórico: Borax | 90 | | | 17,3925 |

Cuando se generaliza el análisis estadístico de las retenciones atendiendo al producto, y sus concentraciones, es posible obtener siete subconjuntos, Cuadro 8, la mayor retención es conseguida con la mezcla de boro a su concentración más alta, retención de 23,26 kg/m³ a la concentración del 7 %, y la menor con Deltametrina a su menor concentración, retención de 2 kg/m³ a la concentración del 0,5 %. Debe recordarse que la retención está influida fundamentalmente no solo por la absorción, sino ante todo por la concentración del producto activo.

Cuadro 8. Subconjuntos homogéneos de las retenciones (kg/m³) conseguidas considerando producto preservante y su concentración (DHS de Tukey, Alfa = 0,05)

| Concentración | N | Subconjuntos (Retenciones) | | | | | | |
|--------------------------|----|----------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Deltametrina 0,5 % | 30 | 2,73 | | | | | | |
| Deltametrina 1 % | 30 | 4,00 | 4,17 | | | | | |
| Deltametrina 1,5 % | 30 | | 6,20 | 6,20 | | | | |
| Cobre Amoniacal Cuat 2 % | 20 | | | 7,53 | | | | |
| Ácido bórico : borax 3 % | 30 | | | | 10,65 | | | |
| Cobre Amoniacal Cuat 3 % | 20 | | | | 10,68 | | | |
| Cobre Amoniacal Cuat 4 % | 20 | | | | | 14,97 | | |
| Ácido bórico : borax 5 % | 30 | | | | | | 18,26 | |
| Ácido bórico : borax 7 % | 30 | | | | | | | 23,26 |

Los tres productos son estadísticamente diferentes y las retenciones obtenidas están en correspondencia con las concentraciones con las que se prepararon las soluciones preservantes; fueron más altas las concentraciones para la mezcla ácido bórico - bórax y significativamente más bajas las que se prepararon con Deltametrina.

Mortalidad de las termitas de madera seca y desgaste o erosión en las probetas

Para medir el grado de mortalidad, categoría, se utilizó el criterio propuesto por Berrocal y Rojas (2007), Cuadro 9.

Cuadro 9. Categorías propuestas por Berrocal y Rojas (2007) para la mortandad de las termitas de madera seca

| Mortalidad de Termitas | Categoría |
|------------------------|-----------|
| 0-33 % | Ligera |
| 34-66% | Moderada |
| 67-99% | Fuerte |
| 100% | Completa |

Se hicieron las observaciones a los quince, treinta y cuarenta y cinco días. Las probetas de la madera de apamate sin tratamiento alguno mostraron la poca durabilidad natural que tiene ante el ataque de termitas *Cryptotermes brevis*; a los primeros quince días fueron los soldados que murieron y a los 30 días comenzaron a morir las obreras al cabo de los 45 días que dura el ensayo solo murieron 42,4 % de las termitas; así la madera de apamate sin tratamiento puede considerarse moderadamente resistente al ataque de las termitas, Cuadro 10. Al final del ensayo todos los tratamientos, productos, concentraciones y tratamientos fueron efectivos otorgando una durabilidad inducida a la madera de apamate, pues la mortalidad fue del 100 %.

Cuadro 10. Mortalidad de las termitas de madera seca causada por los productos ensayados a diversas concentraciones

| Productos y concentraciones | Mortalidad en porcentaje (%) | | |
|-----------------------------|------------------------------|---------|---------|
| | 15 días | 30 días | 45 días |
| Testigos, sin tratamiento | 6 % | 26,4 % | 42,4 % |
| Deltametrina 0,5 % | 98 % | 100 % | 100 % |
| Deltametrina 1 % | 99 % | 99 % | 100 % |
| Deltametrina 1,5 % | 99 % | 100 % | 100 % |
| Cobre Amoniacal Cuat 2 % | 98 % | 100 % | 100 % |
| Ácido bórico : borax 2 % | 98 % | 100 % | 100 % |
| Cobre Amoniacal Cuat 3 % | 99 % | 100 % | 100 % |
| Cobre Amoniacal Cuat 4 % | 99 % | 100 % | 100 % |
| Ácido bórico : borax 5 % | 99 % | 100 % | 100 % |
| Ácido bórico : borax 7 % | 100 % | 100 % | 100 % |

Berrocal (2007) obtuvo valores similares utilizando sales de boro por el método de inmersión para evaluar la mortalidad de las termitas de madera seca en teca, 100 % de mortalidad en la madera preservada mientras en las maderas sin tratamiento la mortalidad fue fuerte reportando mortalidad mayor a 67 %.

En cuanto a la erosión o desgaste ocasionado por las termitas en las maderas ensayadas, solamente se apreció ligera erosión iniciada a los 30 días del ensayo en la madera sin tratamiento alguno. En ninguna de las probetas preservadas se observó desgaste en la superficie de las maderas.

4. Conclusiones

La madera de *Tabebuia rosea* en su forma natural, sin preservantes, resultó moderadamente resistente al ataque de termitas de madera seca de la especie *Cryptotermes brevis*.

Es posible mejorar la resistencia a las termitas, logrando durabilidad inducida mediante el empleo de productos preservantes, como los empleados en el presente ensayo: mezcla de ácido bórico y bórax, Deltametrina y cobre amoniacal cuaternario, aún a concentraciones bajas, por debajo de los porcentajes recomendados por los fabricantes para su uso contra agentes destructores de la madera.

Es conveniente realizar ensayos a escala mayor. En este ensayo de laboratorio se utilizaron probetas de dimensiones reducidas y es recomendable hacer ensayos con maderas con dimensiones utilizadas comercialmente en la industria del mueble.

5. Referencias

- BERROCAL, A. y ROJAS, L. (2007) Resistencia de la madera de teca (*Tectona grandis* L. F.) provenientes de plantaciones forestales ante el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker). *Kúru*, 4 (10), 2 - 15
- ENCINAS, O.; BELTRÁN, D.; POLANCO C. y CAICEDO, J. (2013). Durabilidad inducida de *Caryodaphnopsis cogolloi* bajo la acción de tres preservantes hidrosolubles. *Revista Forestal Venezolana*, 57 (2), 147 - 156
- ENCINAS, O. y MORA, N. (2001). Evaluación de la Durabilidad Natural e Inducida de *Pteocarpus acapulcensis*, *Tabebuia serratifolia* y *Pinus caribaea* en Condiciones de Laboratorio. *Revista Forestal Venezolana*, 45(1) 23 - 24.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. (1980). Métodos de ensaios e análise em preservação de madeira: ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae). São Paulo, Brazil.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC). (1988). *Manual del grupo andino para la preservación de maderas*. Proyecto Subregional de Promoción Industrial de la Madera para Construcción. Lima, Perú.

LEÓN, W. (2014) Anatomía de maderas de 108 especies de Venezuela. Mérida, Venezuela. Serie publicaciones especiales Pittieria. Recuperado de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/pittieria/article/view/6532/6345>.

MÓDULO DE ELASTICIDAD DE *CEDRELINGA CATENIFORMIS* D. DE PLANTACIONES EMPLEANDO TECNICAS NO DESTRUCTIVAS

MODULUS OF ELASTICITY OF *CEDRELINGA CATENIFORMIS* D. FROM PLANTATIONS USING NON-DESTRUCTIVE TECHNIQUES

HAYDEE MIRIAM RAMOS LEÓN¹ y JOSÉ ELOY CUELLAR BAUTISTA

(1) mramos@inia.gov.pe. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario/Programa de Innovación de estudios e Investigación para el desarrollo Forestal y Cambio Climático/Av. La Molina 1981, La Molina Lima, Perú/Perú <http://www.inia.gov.pe>

(2) jcuellar@inia.gov.pe. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales, Av. La Molina S/N, La Molina/ Lima, Perú/Perú <http://www.lamolina.edu.pe>

Recibido Diciembre 2017. Aceptado Junio 2018

Resumen

El presente estudio se desarrolló con propósito de tratar de cerrar la brecha o vacío en la información que permita al sector forestal, una promoción adecuada de las plantaciones forestales, esto, referido al comportamiento de las propiedades tecnológicas de maderas en base a pruebas no destructivas que son rápidas y económicas, faltando comprobar en sí la correlación con métodos destructivos. La evaluación no destructiva puede usarse para detectar, localizar y medir defectos, así como determinar algunas propiedades, como el Módulo de Elasticidad (MOE) de la madera, que es una de las propiedades mecánicas más importantes para muchos usos finales de la madera en construcción, muros estructurales, vigas, pilares, escaleras, entre otros. En cuanto a la metodología empleada, la plantación seleccionada para el estudio está situada dentro del Área Piloto de la Estación Experimental Alexander Von Humboldt del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ubicada en el distrito de Irazola, provincia de Padre Abad y región Ucayali a 225 msnm. Se trata de una plantación de la especie Tornillo *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Ducke) de 17 años de edad, de la cual se seleccionaron 2 árboles y se elaboraron probetas de flexión estática (elaboradas según lo establecido en las Normas Técnicas Peruanas) para su evaluación no destructiva y destructiva con el fin de comparar ambos métodos, también se determinó la densidad básica para evaluar con que método tiene mayor coeficiente de correlación. En cuanto a equipos para la evaluación no destructiva se usaron los equipos de Microsecond Timer y Ultrasonic Timer, que básicamente trabajan bajo el principio de propagación de una onda de ultrasonido que se transmite de un sensor a otro en un material siendo este caso la madera.

Los resultados, se compararon con los obtenidos por el método convencional o destructivo usando la Prensa mecánica Tinius Olsen. El MOE obtenido con Microsecond es de 100350,20 kg/cm², con el Ultrasonic es de 107488,37 kg/cm² y con el método destructivo es de 82417,60 kg/cm², este último valor es similar al de la bibliografía de 74360 kg/cm² para Tornillo de 15 años. En el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre los métodos empleados por lo que se realizó una prueba de Tukey que muestra diferencias entre

los métodos destructivos y no destructivos. En el análisis de correlación entre el MOE destructivo y los obtenidos con los equipos no destructivos se obtuvieron coeficientes aceptables, siendo mayor el que se obtiene con el Microsecond Timer ($R^2=0,75$), por lo que se recomienda el uso de este equipo. Con respecto al análisis de correlación entre el MOE obtenido por los distintos métodos y la densidad, se encontró que el mejor coeficiente de correlación se da con el MOE obtenido con el Microsecond Timer, concluyendo que este equipo es que presenta mejores correlaciones.

Palabras claves: Plantaciones forestales, técnicas no destructivas, propiedades mecánicas, módulo de elasticidad, *Cedrelinga cateniformis*

Abstract

The present study was developed with the purpose of trying to close the gap or gap in the information that allows the forest sector, an adequate promotion of forest plantations, this, referred to the behavior of the technological properties of wood based on non-destructive tests that They are fast and economical, missing the correlation with destructive methods. Nondestructive evaluation can be used to detect, locate and measure defects, as well as to determine some properties, such as the Modulus of elasticity (MOE) of wood, which is one of the most important mechanical properties for many end uses of wood in construction, structural walls, beams, pillars, and stairs, among others. Regarding the methodology used, the plantation selected for the study is located within the Pilot Area of Alexander Von Humboldt Experimental Station of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA) located in the district of Irazola, province of Padre Abad and Ucayali region. 225 meters above sea level It is a plantation of the species Tornillo *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Ducke) of 17 years of age, from which 2 trees were selected and static bending specimens were prepared (elaborated according to the established in the Peruvian Technical Norms) for its evaluation not destructive and destructive in order to compare both methods, the basic density was also determined to evaluate which method has a higher correlation coefficient. Regarding equipment for the non-destructive evaluation, the equipment of Microsecond Timer and Ultrasonic Timer was used, which basically work under the principle of propagation of an ultrasound wave that is transmitted from one sensor to another in a material, being this case the wood.

Results were compared with those obtained by the conventional or destructive method using the Tinius Olsen mechanical press. The MOE obtained with Microsecond is 100350.20 kg/cm², with the Ultrasonic it is 107488.37 kg/cm² and with the destructive method it is 82417.60 kg/cm², this last value is similar to that of the bibliography of 74360 kg/cm² for Screw of 15 years. In the analysis of variance, significant differences were found between the methods used, so a Tukey test was performed, showing differences between destructive and non-destructive methods. In the correlation analysis between the destructive MOE and those obtained with the non-destructive equipment, acceptable coefficients were obtained, being higher the one obtained with the Microsecond Timer ($R^2 = 0,75$), so the use of this equipment is recommended. With respect to the correlation analysis between the MOE obtained by the different methods and the density, it was found that the best correlation coefficient is found with the MOE obtained with the Microsecond Timer, concluding that this equipment has the best correlations.

Keywords: mechanical properties, MOE, non destructive testing, *Cedrelinga cateniformis*

1. Introducción

Las plantaciones forestales para abastecer de madera al mercado de los productos forestales, han tenido que mejorar su tecnología para producir materia prima de alta calidad en el menor tiempo posible; con este afán, se tiende a dejar de lado la calidad para entregar cantidad. Adicionalmente, el manejo de altos volúmenes de maderas para evaluar su calidad exige hacer uso de nuevas técnicas de caracterización que deben realizarse en forma rápida, *in situ* y evitando pruebas destructivas que implican elevados gastos en transporte, elaboración de probetas especiales y tiempos de realización que elevan los costos de los ensayos destructivos.

En la actualidad se vienen empleando técnicas y evaluaciones de la madera no destructivas (NDT – Nondestructive testing; NDE – Nondestructive evaluation), que se basan en la medición de la velocidad de ondas que viajan dentro del material en estudio. Estas pruebas pueden ser utilizadas para determinar propiedades de los materiales, determinar su composición para conocer su adecuado comportamiento de uso y para detectar, localizar y medir defectos en la madera. Es una técnica que permite inferir la presencia de defectos (nudos, fendas, desviaciones de fibra y otros) que afectan los valores de resistencia y elasticidad del material (Acuña *et al.*, s.f.).

La especie forestal *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, tornillo, es una especie maderable promisoría en Perú; es de excelente calidad y gran durabilidad, semidura y semipesada, con grano recto a entrecruzado. Es muy trabajable, con un amplio mercado en el Perú para la construcción, carpintería y ebanistería (Reynel, Pennington, Pennington y Daza, 2.003).

El módulo de elasticidad (MOE) es una de las propiedades mecánicas más importantes para la determinación del uso potencial de la madera. Conocer en forma anticipada este valor permite visualizar características mecánicas de la madera. En el presente estudio, se realizan pruebas con equipos que permiten medir la velocidad e intensidad de las ondas de ultrasonido que se transmiten de un sensor a otro en un material, en este caso la madera, que no requiere mayor preparación. Para estas pruebas no destructivas se utilizan equipos comerciales, tal como el Microsecond y el Ultrasonic Timer. Adicionalmente se realizan en paralelo ensayos tradicionales, de carácter destructivo, para validar los valores que proporcionan los equipos y la relación que se sabe existe con la densidad de la madera.

2. Revisión de literatura

El tornillo, *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, es una especie maderable promisoría en Perú. La especie se distribuye en la región amazónica en altitudes de hasta 1.200 msnm (Reynel *et al.*, 2003). Se encuentra en zonas de terraza alta, en suelos fuertemente ácidos (Freitas, Linares y Baluarte, 2.000). La madera es de excelente calidad y gran durabilidad, semidura y semipesada, con grano recto a entrecruzado,

muy trabajable, con una densidad básica de $0,45 \text{ g/cm}^3$ (Acevedo y Kikata, 1.994) y Módulo de Elasticidad en flexión de 74.360 kg/cm^2 para madera de 15 de años (Condori, 2.007). Es la especie forestal con mayor producción de madera aserrada en el país (Cuellar, 2.013; SERFOR, 2.016), con un amplio mercado en el Perú para construcción, carpintería y ebanistería (Reynel *et al.*, 2.003).

Las propiedades mecánicas de la madera se definen como la expresión de su comportamiento bajo la aplicación de fuerzas o cargas, que va a depender del tipo de fuerza aplicada y de las diferencias básicas en la organización estructural de la madera (Arroyo, 1.983). Una de las propiedades más importantes en la madera, es la flexión estática, que es la resistencia que ofrece la madera a una carga que actúa sobre una viga y resume el Módulo de Elasticidad (MOE) como un índice de la facilidad o dificultad que tienen las maderas para su deformación, cuanto mayor es el valor del MOE es menor su deformación (Aróstegui, 1.982). Es una de las propiedades más importantes para definir muchos usos finales de la madera particularmente en construcción, muros estructurales, vigas, pilares, escaleras (Rocha, 2.012).

Los métodos de evaluación no destructiva son usadas para determinar las propiedades físicas y mecánicas de materiales sin alterar su capacidad de tener un uso final (Ross, citado por Sucksmith, 2009). Estas técnicas han sido utilizadas en la industria forestal aplicadas en el control, evaluación de calidad y propiedades de la madera. Existe diversidad de técnicas, dentro de las que se puede mencionar la transmisión de ondas (Toro y Velásquez, 2005). Wang et al, citado por Sucksmith (2009) explica que la propagación de ondas es un proceso dinámico relacionado con las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Diferentes tipos de ondas pueden propagarse, siendo las longitudinales las más veloces y son usadas comúnmente para la evaluación de las propiedades de la madera. Toro y Velásquez (2005) señalan que a pesar de que casi todas las investigaciones se han realizado a escala de laboratorio, los resultados preliminares indican que la evaluación empleando el método de propagación del ultrasonido, muestra un elevado potencial en la detección y discriminación de diversos tipos de defectos presentes en la madera.

Sucksmith (2009), realizó evaluaciones con métodos no destructivos de propagación longitudinal de ondas de 23 KHz (Microsecond Timer) y 45 KHz (Ultrasonic Timer) en la especie Tornillo *Cedrelinga cateniformis* con el objetivo de evaluar la eficacia de éstas técnicas, en el cual demostró que los métodos no destructivos son válidos y eficientes para estimar tanto los MOEs longitudinales como transversales, obteniendo coeficientes de correlación muy aceptables. Además encontró que el método de propagación Longitudinal de una onda de 23KHz (Microsecond Timer) permite obtener los valores más cercanos a los valores de Compresión Paralela y Flexión Estática.

Carnero (2007), en su estudio con especies forestales de diferentes densidades utilizando técnicas no destructivas para la determinación del MOE, obtuvo que éstos

métodos utilizados y comparados con el método de flexión estática (método destructivo) presentaron coeficientes de correlación altos y positivos, sin embargo no son estadística ni teóricamente iguales, siendo considerados métodos prácticos y confiables para predecir el comportamiento del MOE.

De la Mata (2011) en su evaluación con pino silvestre usando métodos para evaluar el nivel de precisión de las técnicas no destructivas como predictores del comportamiento de la madera, encontró que la relación lineal entre el MOE estático y MOE dinámico estimado a través del Microsecond Timer es fuerte, con un R^2 de 0,67, considerando estos métodos como una buena alternativa de medición. Con respecto a la influencia del contenido de humedad en las evaluaciones, el autor señala que la velocidad de propagación de la onda o velocidad de vibración es mayor a medida que el contenido de humedad de la madera disminuye.

Balmori, Acuña y Basterra (2016) en su estudio de la influencia de la dirección de fibras en la velocidad de propagación de ultrasonidos para las especies de *Pinus sylvestris* y *Pinus radiata* cuyo objetivo fue determinar la influencia del ángulo de las fibras en la velocidad de propagación del sonido, encontró que los ángulos que arrojan mediciones más precisas y fiables, son los comprendidos entre 45° y 75° , además no encontró diferencias significativas entre las especies, por lo que se pueden trabajar todos los datos en conjunto.

3. Materiales y métodos

Ubicación de la plantación

Está situada dentro del Área Piloto de la Estación Experimental Alexander Von Humboldt del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), distrito de Irazola, provincia de Padre Abad y región Ucayali a 225 msnm. Las coordenadas geográficas del primer punto de la plantación son 493979 N y 9023725 E.

Equipos y materiales utilizados

Microsecond Timer, Ultrasonic Timer, Prensa Universal de Ensayos, Balanza de precisión, Vernier digital, Detector de humedad y Wincha.

Fase campo

Incluye la evaluación in situ, selección, aprovechamiento y elaboración de probetas de los árboles muestra, de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas.

Fase gabinete

Se realiza la evaluación no destructiva y destructiva, análisis de datos y estadística

de los resultados.

Evaluación no destructiva

Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio Multipropósito del Centro Experimental La Molina en Lima.

Evaluación con Microsecond Timer

Se marca en la sección transversal un aspa, en donde se colocan los sensores, (Figura 1) luego se conectan al temporizador y se enciende. Se golpea con un martillo (Figura 2) en el sensor de inicio y se registra el dato del tiempo en microsegundos, se realizan tres repeticiones por cada ubicación de los sensores.



Fig. 1. Equipo Microsecond Timer y Sensores del equipo

Evaluación con Ultrasonic Timer: Se diferencian las caras radiales y tangenciales en cada probeta, luego se colocan los sensores en ángulo de 45° a una distancia determinada. Los sensores se conectan al temporizador y automáticamente el equipo proporciona el tiempo en microsegundos.



Fig. 2. Evaluación con ULTRASONIC TIMER. A. ubicación de sensores. B. Toma de datos de tiempo

Evaluación destructiva: Se realizan los ensayos en flexión estática según lo estipulado en la Norma Técnica Peruana 251.017 en el laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional Agraria La Molina, utilizando la prensa mecánica universal Tinius Olsen.

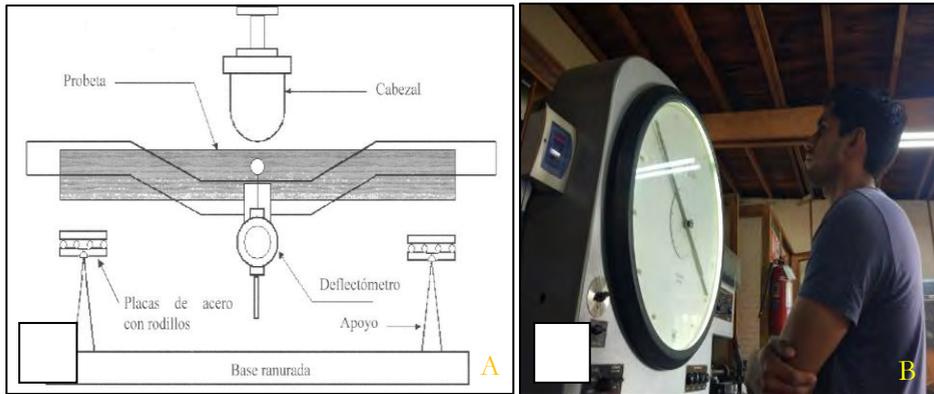


Fig. 3. Ensayo de flexión estática. A. Accesorios para la probeta y la prensa. B. Reloj de carga en libras

4. Resultados y discusión

4.1. Módulo de Elasticidad (MOE)

En el Cuadro 1 se puede observar que los mayores valores de MOE se obtienen con métodos no destructivos, esto puede deberse a que la prueba destructiva está sujeta a mayores fuentes de error, como son, las lecturas de las deformaciones y cargas estáticas, la determinación del punto de inflexión de la curva carga – deformación, etc.

Cuadro 1. Estadísticos básicos

| Equipo | n | Medias | D.E. | E.E. | C.V. | Mín | Máx |
|----------------------|----|-----------|----------|---------|-------|-------|--------|
| Ultrasonic | 30 | 100350,20 | 16283,87 | 2973,01 | 16,23 | 67878 | 129560 |
| Microsecond | 30 | 107488,37 | 12320,74 | 2249,45 | 11,46 | 85582 | 131759 |
| Pruebas destructivas | 30 | 82417,60 | 11039,02 | 2015,44 | 13,39 | 60723 | 105215 |

4.2. Con respecto a la comparación entre los distintos métodos

Los resultados obtenidos en el ANVA se observan en el Cuadro 2 con un nivel de confianza de 95% se demuestran diferencias significativas entre los métodos destructivos y los no destructivos.

Cuadro 2. Análisis de varianza

| F.V. | SC | GL | CM | F | p-valor | Sig. |
|--------|-------------|----|------------|-------|---------|------|
| Equipo | 10010749074 | 2 | 5005374537 | 27,87 | <0,0001 | * |
| Error | 15625928339 | 87 | 179608372 | | | |
| Total | 25636677413 | 89 | | | | |

Se realizó la prueba de Tukey (Cuadro 3) y se encontró que los resultados obtenidos con métodos no destructivos son semejantes entre sí, esto puede deberse a trabajar bajo el mismo principio de propagación de ondas, diferenciándose por la frecuencia de estas mientras que las pruebas destructivas están sujetas a los errores del operador.

Cuadro 3. Prueba de Tukey

| Equipo | Medias | E.E. | Tukey |
|----------------------|-----------|---------|-------|
| Pruebas destructivas | 82417,60 | 2446,82 | A |
| Ultrasonic | 100350,20 | 2446,82 | |
| Microsecond | 107488,37 | 2446,82 | |

4.3. Análisis de correlación

En el Cuadro 4 se pueden observar los coeficientes de correlación, encontrando el mayor valor entre el MOE obtenido con Microsecond y la prensa mecánica, seguido por el Ultrasonic y la prensa mecánica (Figuras 4). También se determinó la correlación entre la densidad y el MOE obtenido por equipo no destructivo y prensa mecánica, se encontró el mejor valor entre la densidad y el Microsecond.

Cuadro 4. Análisis de correlación

| Variable 1 | Variable 2 | n | Pearson | p-valor |
|-----------------|-----------------|----|---------|---------|
| MOE Microsecond | MOE Destructivo | 30 | 0,87 | 0,0000 |
| Densidad | MOE Destructivo | 30 | 0,57 | 0,0011 |
| Densidad | MOE Microsecond | 30 | 0,65 | 0,0001 |
| MOE Ultrasonic | MOE Destructivo | 30 | 0,72 | 0,0000 |
| MOE Ultrasonic | MOE Microsecond | 30 | 0,68 | 0,0000 |
| MOE Ultrasonic | Densidad | 30 | 0,35 | 0,0562 |

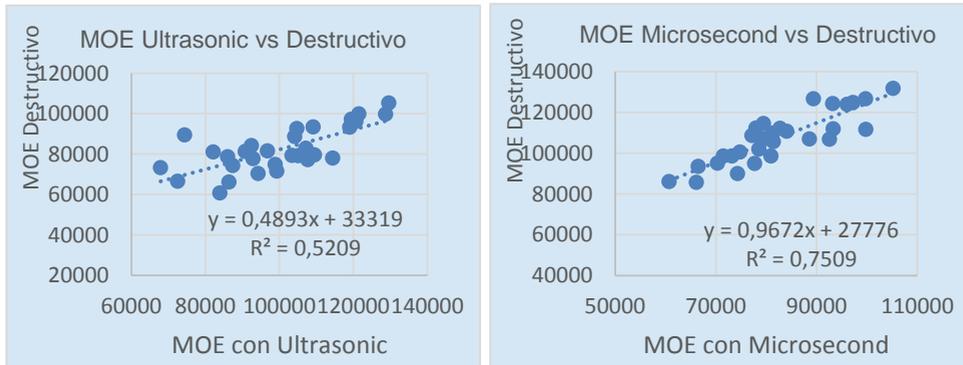


Fig. 4. Regresión Ultrasonic – Destructivo y Regresión Microsecond – Destructivo

4. Conclusiones

El mayor valor de MOE se obtuvo con el Microsecond y el menor fue el obtenido de manera convencional con la prensa mecánica.

Existen diferencias significativas entre los métodos no destructivos y destructivos para flexión estática.

En función a los resultados de la prueba de Tukey no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos con Microsecond y Ultrasonic Timer.

Los equipos de Microsecond Timer y Ultrasonic Timer se correlacionan linealmente con el MOE de Flexión Estática con coeficientes aceptables.

La densidad presenta mejor coeficiente de correlación con el valor de MOE obtenido con el Microsecond Timer.

5. Referencias bibliográficas

- ACEVEDO, M. y KIKATA, N. 1994. Atlas de maderas del Perú. Lima: Publifor.
- ACUÑA, L.; DÍEZ, R; CASADO, M.; LLORENTE, A.; LÁZARO, T.; MARTÍN, L.; BASTERA, A.; RELEA, E. y CUETO, G. (S.F). La Transmisión de Ultrasonidos aplicada a la madera Estructural. 11° Congreso Español de END. Gijón, España.
- ARÓSTEGUI, A. 1982. Recopilación y Análisis de Estudios tecnológicos de Maderas Peruanas. Lima.
- ARROYO, J. 1983. Propiedades físico mecánicas de la madera. Universidad de los Andes, FCF. Mérida.
- BALMORI, J.; ACUÑA, L. y BASTERRA, L. 2016. Estudio de la influencia de la dirección de la fibra en la velocidad de propagación de ultrasonidos (Fakopp) en madera estructural de “*Pinus sylvestris*” y “*Pinus radiata* D. Don”. Euro American Congress REHABEND. Burgos, España.

- CARNERO, P. 2007. Determinación preliminar del Módulo de elasticidad mediante el empleo de técnicas no destructivas para maderas tropicales peruanas (Trabajo de fin de grado no publicado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- COMISIÓN DE REGLAMENTOS TÉCNICOS Y COMERCIALES – INDECOPI. 2004. MADERA. Método de Ensayo de Flexión Estática. NTP 251.017. Lima, Perú.
- CONDORI, C. 200). Propiedades mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Tornillo) proveniente de dos tipos de plantaciones y diferentes edades del Centro de Investigación Jenaro Herrera – Loreto (Trabajo de fin de grado no publicado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- CUELLAR, J. 2013. Demanda de maderas provenientes de bosques y plantaciones forestales de la amazonia peruana; evaluación a nivel del corredor centro. Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA: Lima.
- DE LA MATA, J. 2011. Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las propiedades mecánicas del pino silvestre mediante técnicas no destructivas (Proyecto de fin de carrera). Escuela Técnica de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- FREITAS, L.; OTAROLA, E.; LINARES, C. y BALUARTE, J. 2000. Crecimiento y productividad de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) en base a clases de sitio y clases de productividad en plantaciones Forestales de Jenaro Herrera, Loreto. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP): Perú.
- REYNEL, C.; PENNINGTON, R.; PENNINGTON, T.; FLORES, C. y DAZA, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía peruana. ICRAF: Lima.
- ROCHA, M. 2012. Variabilidad del módulo de elasticidad de la madera de Pino radiata determinado acústicamente y su relación con características de crecimiento y forma. (Trabajo de fin de grado no publicado). Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE – SERFOR. 2016. Anuario Forestal 2015. Lima, Perú.
- SUCKSMITH, K. 2009. Evaluación del módulo de elasticidad por métodos no destructivos en la madera de *Cedrelinga cateniformis* Ducke proveniente de plantaciones del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt (Trabajo de fin de grado no publicado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- TORO, M. y VELÁSQUEZ, J. 2005. Aplicaciones del ultrasonido en la evaluación no destructiva de la madera. Revista arbitrada interdisciplinaria, 273 – 282 p.

EFFECTO DE LA ACCIÓN ANTRÓPICA EN EL BOSQUE DEL CENTRO OESTE CHAQUEÑO, ARGENTINA

EFFECT OF THE ANTHROPIC ACTION IN THE FOREST OF THE WEST CENTER OF THE CHACO, ARGENTINA

JULIO FELIX MICHELA¹, SEBASTIAN MIGUEL KEES², JUAN JOSÉ SKOKO³

1. Extensión y Cambio Rural. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Argentina. Correo electrónico: michela.julio@inta.gob.ar

2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Sáenz Peña, Campo Anexo Estación Forestal Plaza, Lote IV, Colonia Santa Elena, (3536), Presidencia de la Plaza, Chaco. Correo electrónico: kees.sebastian@inta.gob.ar

3. Extensión y Cambio Rural. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Argentina. Correo electrónico: juanjo_1980@hotmail.com

Recibido Julio 2018 – Aceptado Diciembre 2018

Resumen

El conocimiento de los cambios que se producen como consecuencia de la explotación de los bosques es importante al momento de tomar decisiones respecto al manejo de los mismos. En el centro oeste de la provincia del Chaco, se investigaron tres tipos de bosques según el nivel de intervención antrópica, uno de ellos, no manifiesta ningún grado de explotación y los otros dos revelan estados de intervención creciente. Los histogramas de frecuencia fueron analizados por las ecuaciones de Meyer, en todos los casos el resultado fue una curva exponencial negativa acentuándose la pendiente a medida que aumenta el grado de explotación. Se prueba de manera estadísticamente significativa que la acción antrópica impacta sobre la diversidad expresada por el índice de Shannon y también sobre la dominancia expresada por el índice de Simpson. El método del diagrama h – M para describir la organización vertical demostró ser adecuado para estos tipos de bosques y muestran que los mismos presentan tres estratos definidos, se evidencia, además, que el estrato III (superior) es el más afectado como consecuencia de la explotación.

Palabras clave: Estructura – Diversidad – Explotación forestal – Bosque nativo - Chaco.

Abstract

Knowledge of the changes that occur as a result of the exploitation of forests is important when making decisions regarding their management. In the western center of the province of Chaco, three types of forests were investigated according to the

level of anthropic intervention, one of them does not show any degree of exploitation and the other two reveal increasing intervention states. The frequency histograms were analyzed by Meyer's equations, in all cases the result was a negative exponential curve accentuating the slope as the degree of exploitation increases. It is proved in a statistically significant way that the anthropic action impacts on the diversity expressed by the Shannon index and also on the dominance expressed by the Simpson index. The method of the h - M diagram to describe the vertical organization proved to be adequate for these types of forests and shows that they have three defined strata, furthermore, it is evident that stratum III (upper) is the most affected as a consequence of the exploitation

Key words: Structure – Diversity – Forest Exploitation – Native forest – Chaco.

1. Introducción

El conocimiento ecológico de los ecosistemas chaqueños y, en especial, la comprensión del paisaje como sustento de las actividades humanas, se debe en gran medida a los trabajos de Morello y colaboradores (Morello, 1970; 1984; 1995; Morello y Adámoli, 1968; Morello y Adámoli, 1974; Gligo y Morello, 1981, citado por Basterra (2004).

La intervención del hombre ha provocado una creciente modificación de la estructura de los bosques y esto es atribuible a la instalación de sistemas silvopastoriles y el aprovechamiento del bosque para la producción de rollizos para la industria del tanino, madera aserrada, leña y carbón.

El desmonte para cambio de uso del suelo, en la mayoría de los casos, es en precedido por la explotación selectiva y el empobrecimiento, aunque es difícil afirmar que la degradación sea siempre su causa directa y única. El fuego es otro factor importante que actúa como elemento de cambio de la estructura del bosque a nivel regional.

Los aspectos funcionales de los bosques chaqueños constituyen una de las áreas de estudio de más reciente desarrollo. Este hecho se debe probablemente a la aceptación por parte de la comunidad científica de la importancia que tiene en el conocimiento de la estructura de los ecosistemas, el estudio de los procesos que los generan y perpetúan (Biani, Vesprini y Prado, 2006).

La incesante erosión genética y estructural como consecuencia de la explotación forestal, provoca el agotamiento de los tiempos para la búsqueda de conocimientos con fundamentos científicos que sienten una base para establecer umbrales mínimos relativos a la conservación de ecosistemas prístinos, restauración de bosques intervenidos y aprovechamiento sostenible de masas boscosas comerciales. En este contexto, Michela y Juárez de Galíndez (2016) brindan información sobre la composición florística, la estructura horizontal basada en el orden natural de los

árboles expresados en datos numéricos que se reflejan en el índice de valor de importancia, y también sobre la estructura vertical mediante la aplicación del índice de posición sociológica propuesta por Finol (1971). Para avanzar en el proceso de la gestión responsable es condición necesaria contar con información mediante la definición de la distribución diamétrica característica de estos tipos de bosques y su dinámica como consecuencia de la intervención antrópica, la aplicación de índices de biodiversidad, y ofrecer una idea más concreta sobre la distribución de los pisos de vegetación. Lograr la descripción de estos bosques, en sus diferentes estados de conservación aportará elementos básicos para definir el ideal de conservación y comenzar a conocer el camino que conduzca sólidamente hacia la restauración. De igual manera, Conocer cómo se distribuyen los árboles de las diferentes especies contribuirá a establecer los fundamentos básicos para gestionar el aprovechamiento a perpetuidad.

2. Material y métodos

Área de estudio

El área de estudio es un rectángulo de aproximadamente 30.000 hectáreas ubicado en el centro oeste de la provincia del Chaco, República Argentina y se puede visualizar en la Figura 1.

Inicia a aproximadamente a 4 kilómetros al norte de la localidad de Concepción del Bermejo (26° 36' 02"; 60° 56' 36" W), con altitudes que varían entre 111 y 124 metros sobre el nivel del mar.

Suelos

Teniendo en cuenta las áreas geomorfológicas de la provincia definidas en Ledesma *et al.* (1973), la zona estudiada está ubicada, dentro del área identificada como Sáenz Peña, la cual es divisible en dos subzonas en base a características bien definidas. Al norte es una gran llanura de loes, disectada por un sistema fluvial inactivo y derivado del área geomorfológica impenetrable (numerosos paleocauces de rumbo noroeste sureste) y al sur, una gran llanura de loes, algo disectada por paleocauces, cuyos ambientes más importantes son las abras o pampas naturales o artificiales (obtenidas por desmonte o por fuego) e isletas de bosque e isletas de bosques. El material originario, a partir de los cuales se desarrollan los suelos corresponde a loess y loess-aluvial local fósil.

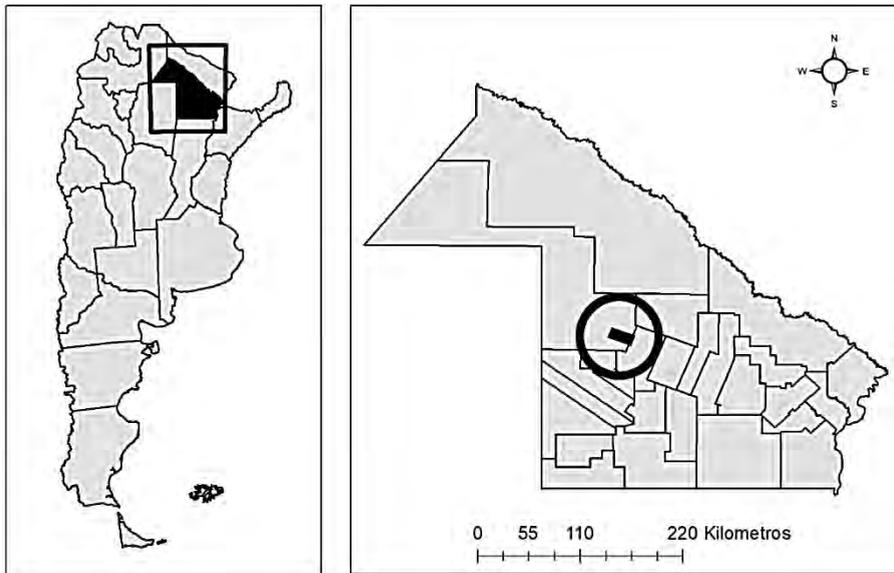


Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio.

Clima

Según el sistema de Köppen (Morello y Adámoli, 1974), el área de estudio está enclavada dentro del subtipo climático $cfw'a(h)$, es decir similar a $cfwa(h)$ pero con concentración de lluvias en otoño. En consecuencia, mesotermal húmedo, las temperaturas del mes más cálido son superiores a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura media anual es superior a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ con lluvias que escasean acentuadamente en invierno.

Relevamiento de datos

Inventario

Para cubrir el área de estudio se empleó como material base una imagen satelital Landsat 8 – OLI – marzo del 2016 - path – row 228-078 (Figura 2); en la que, mediante clasificaciones digitales en primera instancia se diferencié la superficie cubierta por bosque nativo de las áreas sin coberturas boscosas; posteriormente, se agrupó la cobertura boscosa en tres tipos de bosques, a los que se le dieron arbitrariamente la siguiente denominación: bosque tipo 1; bosque tipo 2; bosque tipo 3.

La división en estratos tiene por objeto dividir el área boscosa, motivo de estudio, en unidades internamente homogéneas y diferentes de las que las rodean, descriptibles mediante parámetros comunes y así, facilitar el proceso de muestreo.

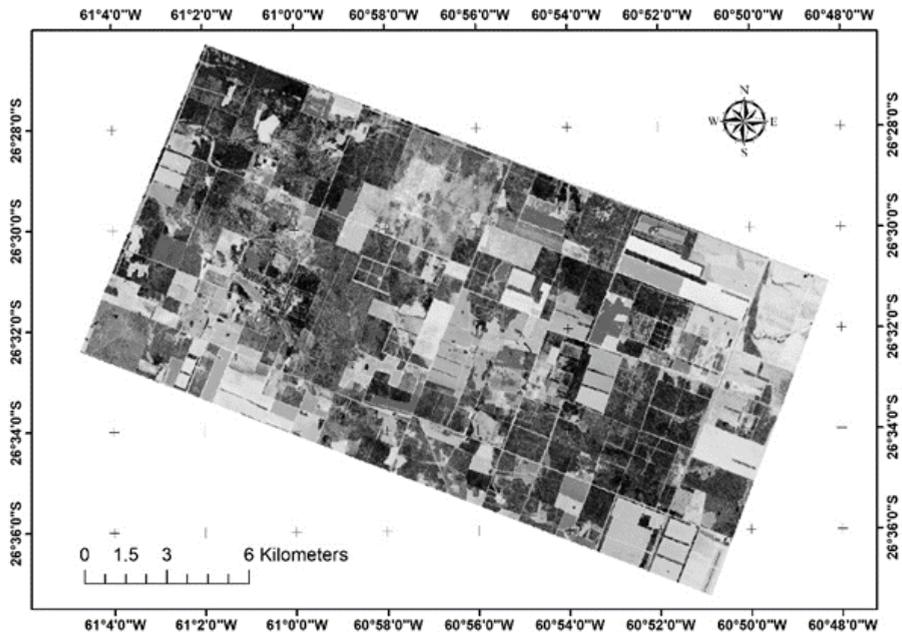


Figura 2. Imagen satelital del área de estudio.

El área de estudio tiene una superficie de 30059 hectáreas de las cuales 16071 hectáreas pertenecen a cobertura de bosque. La distribución de las superficies atendiendo al tipo de bosque es de: 1539 hectáreas, 4327 hectáreas y 10205 hectáreas correspondientes a bosques de tipo 1, 2 y 3 respectivamente (Figura 3).

Dentro de cada uno de los tres estratos de interés se definió una parcela de 1 hectárea de superficie de forma cuadrada de 100 metros de lado. Siguiendo la metodología propuesta por Zevallos y Matthei (1994) se determinó un área mínima de muestreo de 1.000 metros cuadrados (m^2) en rectángulos de 10 metros de ancho y 100 metros de largo (unidad de muestreo).

Cada unidad de muestreo quedó definida por un transecto central que cumplió además la función de eje, respecto al cual se midieron las distancias de la ubicación de los ejemplares arbóreos. Las unidades de muestreo tienen la característica de ser continuas y consecutivas. En cada unidad de muestreo de 1.000 m^2 se relevó: diámetro a la altura de pecho o diámetro normal (DAP), con cinta diamétrica con error aceptable de 0,5 centímetros; altura total de todos los ejemplares presentes con diámetro normal > 10 cm, con vara graduada hasta alturas de 3 metros con error aceptable de 0,10 metros y con clinómetro de Suunto las alturas superiores de 3 metros con error aceptable de 0,5 metros. Michela y Juárez de Galíndez (2016) realizaron la descripción florística de los ejemplares de las especies leñosas tanto de árboles como de arbustos para la zona de estudio.

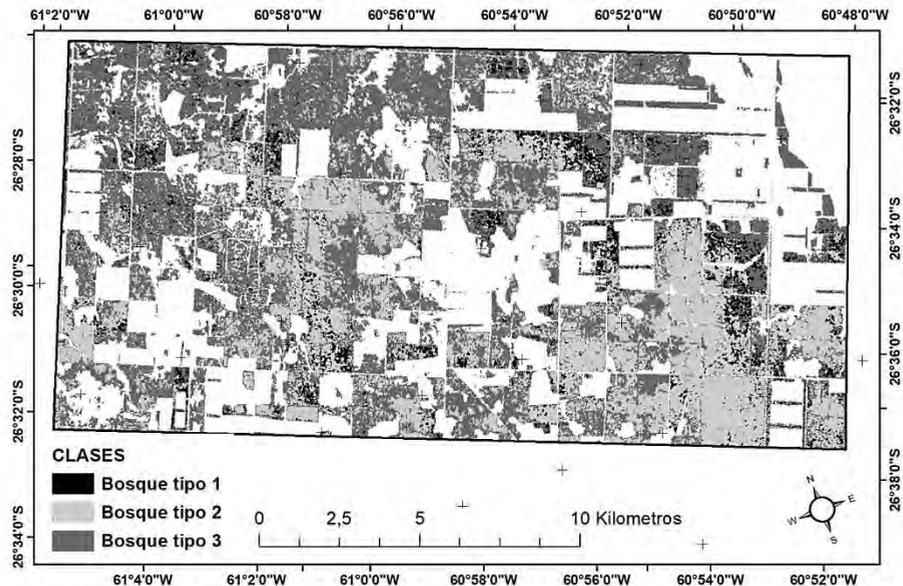


Figura 3. Distribución de los Tipos de bosques en el área de estudio.

Distribución diamétrica

Los diámetros de la totalidad de las especies leñosas de cada uno de los tipos de bosques se agruparon en 11 clases diamétricas de 5 cm de amplitud a partir de los 10 cm de DAP. La misma agrupación de diámetros se realizó con las principales especies leñosas, en este caso *Schinopsis balansae* y *Aspidosperma quebracho blanco* (Michela y Juárez de Galíndez, 2016). Se confeccionaron histogramas por clase diamétrica para cada tipo de bosque y cada uno de los histogramas se ajustó por la ecuación de Meyer (1952). Se empleó el programa InfoStat 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018) versión libre para la sistematización y procesamientos de los datos.

Diversidad de la comunidad boscosa y dominancia de las especies

Se estimó el grado de la diversidad considerando solo las especies leñosas de cada uno de los tipos de bosque, empleando el índice de Shannon (Soler *et al.* 2012) según la siguiente expresión:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Donde S es el número de especies, P_i es la proporción de individuos de la especie i , es decir n_i/N , donde n_i es el número de individuos de la especie i y N es el número total de individuos de todas las especies.

Se empleó el índice de Simpson (Soler *et al.* 2012) para la determinación de la dominancia de las especies sumando el cuadrado de la proporción de cada una de ellas. Se expresa por la fórmula:

$$D = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

Donde S es el número de especies, P_i es la proporción de individuos de la especie i , es decir n_i/N , donde n_i es el número de individuos de la especie i y N es el número total de individuos de todas las especies.

Estructura vertical

La estructura vertical se la definió en base al número de estratos de la vegetación leñosa en cada tipo de bosque que surge del empleo de la metodología del diagrama $h - M$. Para aplicar esta metodología se grafica la altura total de los árboles h agrupados en orden decreciente en función de M . Esta variable se calcula de la siguiente manera, a cada valor de h se le asigna un número de orden correlativo desde 1 hasta la cantidad de alturas consideradas, luego a cada altura iniciando por la mayor se le suma la siguiente que representa la media acumulativa parcial de altura a partir del mayor valor de h , finalmente se obtiene el valor de M que resulta de la relación por cociente entre cada suma parcial y el correspondiente número de orden hasta un valor de h inferior al valor máximo de h (Sanquetta, 1995).

3. Resultados y discusión

Mediante un análisis de la varianza (ANAVA) sobre variables de rodal se buscó determinar estadísticamente si los estratos o tipos de bosques fueron diferentes. Se empleó el Test de Tukey para diferenciar entre cuales pares de tratamientos se manifestó la diferencia entre los valores de las medias aritméticas. Se chequeó en primer término el área basal. Como resultado del ANAVA del área basimétrica se pudo confirmar que los tres tipos de bosques son diferentes. Respecto a la densidad o número de árboles por hectárea no se encontraron diferencias significativas entre los bosques de tipo 1 y 2, en cambio existen diferencias significativas entre estos últimos dos con respecto al bosque de tipo 3.

También se realizó el ANAVA del número de tocones (cepas de árboles apeados) por hectárea, este análisis mostró que los tres tipos de bosques resultaron ser significativamente diferentes unos con otros.

En virtud de estos resultados, a cada tipo de bosque se le dio la siguiente denominación:

- bosque tipo 1: “con escasa explotación forestal”;
- bosque tipo 2: “medianamente explotado”;
- bosque tipo 3: “muy explotado”.

Estructura diamétrica

Se ajustó la distribución diamétrica de cada uno de los tipos de bosques al modelo correspondiente a la función exponencial negativa según Meyer (1952):

$$Y=k*e^{(-a*dap)}$$

Los modelos para cada tipo de bosques son:

Boque tipo 1 : $Y=495,39*e^{(-0,12*dap)}$

Bosque tipo 2: $Y=571,96*e^{(-0,13*dap)}$

Bosque tipo 3: $Y=346,18*e^{(-0,13*dap)}$

El histograma correspondiente a la distribución diamétrica y las gráficas de los modelos ajustados correspondiente a cada tipo de bosque se muestran en la Figura 4:

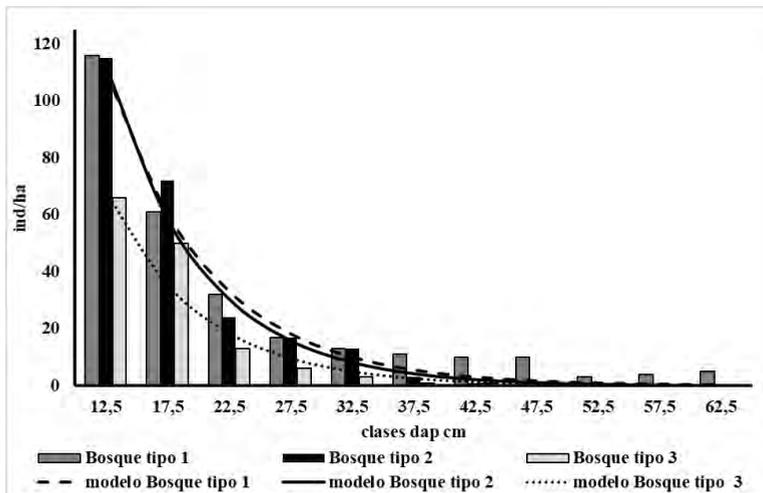


Figura 4. Distribución diamétrica y modelos de tendencia de los bosques tipo 1, 2 y 3.

En los tres casos las masas boscosas presentan una distribución exponencial negativa o de J invertida propia de los bosques irregulares. Atendiendo a la distribución diamétrica, los tres tipos de bosques responden a la propia de los bosques irregulares con mayor concentración de individuos en las categorías más bajas. El bosque tipo 1 se caracteriza porque todas las categorías diamétricas están representadas. La dinámica de la explotación ya se pone de manifiesto en el bosque tipo 2, en el cual están representadas solo las primeras siete clases de diámetros, faltando los ejemplares maduros y sobre maduros, luego, el efecto de la corta es aún más notorio en el bosque tipo 3, pues si bien están representadas también las primeras siete clases de diámetro, la proporción de presencias en cada una de las clases es menor.

Las dos especies principales, *Schinopsis balansae* y *Aspidosperma quebracho blanco* (Michela y Juárez de Galíndez, 2016) son las más afectadas por la explotación y esto se hace evidente al realizar el histograma de las distribuciones diamétricas de las mismas.

En los bosques tipo 2 y 3 *Aspidosperma quebracho blanco* ha sido explotado en su totalidad a partir de los 35 cm de DAP tal y lo mismo ocurre con *S. Balansae* a partir de los 30 cm de DAP como se muestra en las Figura 5 y 6.

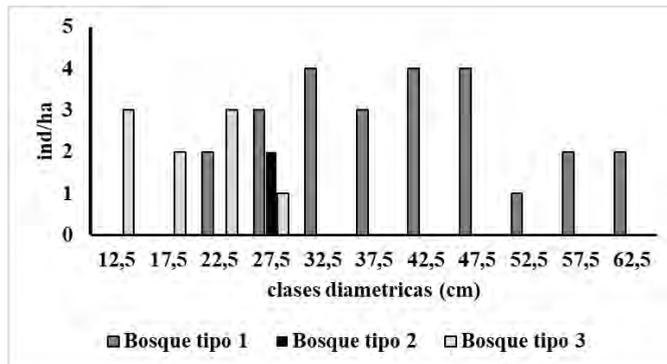


Figura 5. Distribución diamétrica de *S. balansae* en los tres tipos de bosques.

Los histogramas de frecuencia por clase diamétrica de las especies principales en el bosque tipo 1 mostraron una tendencia de distribución normal, en cambio en los otros tipos de bosques presentaron tendencias alteradas respecto a la normal a causa de las cortas de los ejemplares maduros y sobre maduros.

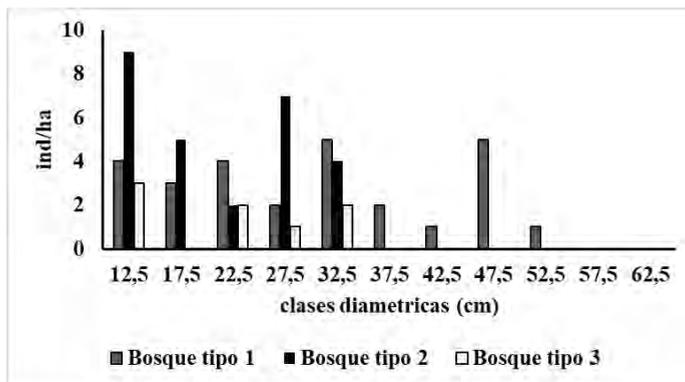


Figura 6. Distribución diamétrica de *A. quebracho blanco* en los tres tipos de bosques.

Diversidad y dominancia

Los índices de diversidad para los tres tipos de bosque arrojaron los siguientes valores:

Shannon: 1,71 - 1,44 - 0,98 para los bosques tipo 1, tipo 2 y tipo 3 respectivamente

Simpson: 0,24 - 0,28 - 0,53 para los bosques tipo 1, tipo 2 y tipo 3 respectivamente.

Torres – Torres (2016) citando a Moreno (2001) explica que la interpretación del índice de Shannon tiene como valores de referencia a 1 para baja diversidad y 5 para alta diversidad, en este caso, atendiendo a los valores de la Tabla 2, estos bosques son de mediana a baja heterogeneidad manifestando pérdida de complejidad a medida que aumenta la transformación de los mismos; no obstante, presentan valores superiores a los citados por Giménez, *et al.*, (2011) para bosques del Chaco Semiárido, sugiriendo una tendencia al aumento en la biodiversidad conforme disminuye la longitud en el Parque Chaqueño. El ANAVA muestra que existen diferencias entre los tipos de bosques, el test de Tukey explica que la pérdida de diversidad es significativa entre el bosque de tipo 3 respecto a los 2 restantes.

El índice de Simpson varía inversamente con la heterogeneidad; por ejemplo, los valores del índice decrecen o aumentan según aumente o decrezca la diversidad. Es en realidad un índice de dominancia, sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total (Soler *et al.* 2012). Para este índice el ANAVA seguido por el test de Tukey muestran que existe una estrecha similitud entre los bosques tipo 1 y 2 y una marcada diferencia con respecto al bosque tipo 3 siendo en este último caso mucho menor la complejidad por dominancia.

Estructura vertical

En cada uno de los tipos de bosques es factible diferenciar tres estratos en función de los puntos de inflexión que se identifican en cada uno de los gráficos o diagramas h - M. También Araujo *et al.*, (2008) cita la presencia de tres estratos en bosques con composición florística similar, aunque en condiciones de mayor aridez para la provincia de Santiago del Estero, si bien la determinación de los estratos se realizó con una metodología diferente.

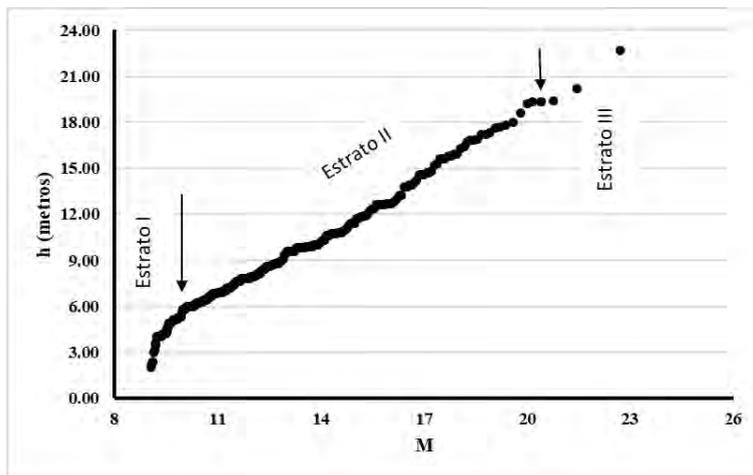


Figura 7. Diagrama h – M correspondiente al Bosque tipo 1.

En el Bosque tipo 1 (Figura 7), el estrato I (inferior) está integrado por 62 pies de masa. Alcanza una altura de hasta 6 metros. El 60 % de los ejemplares corresponden a la especie *Acacia praecox* y un 29% por *Schinus longifolius*, otras especies que integran este estrato son: *Jodina rhombifolia*, *Prosopis kuntzei*, *Zizíphus mistol* y *Celtis tala*. El estrato II (intermedio) está conformado por 206 ejemplares, alcanza los 19 metros de altura, es el estrato más poblado y está integrado por un 37 % de por *A. praecox*, 15% de *Patagonula americana*, 13% de *A. quebracho blanco* y 10% de *S. balansae*. En este estrato aparecen otras especies tales como: *Caesalpinia paraguarienses*, *P. kuntzei*, *Z. mistol*, *Acanthosyris falcata* y *Schinopsis quebracho colorado*. El estrato III (superior) comprende 6 ejemplares predominantes que pertenecen a las especies *A. quebracho blanco*, *S. balansae* y *S. quebracho colorado*.

En el Bosque tipo 2 (Figura 8), el estrato I está conformado por 41 pies de masa, alcanza nuevamente una altura de 6 metros. El 56 % de los ejemplares que lo integran corresponden a la especie *A. praecox* y en un 24% por *S. longifolius*, las demás especies que integran este estrato son: *P. americana*, *P. kuntzei*, *A. quebracho blanco* y *A. falcata*. El estrato II está integrado por 178 ejemplares, asciende hasta los 15 metros de altura, nuevamente es el estrato más abundante y está conformado en un 38 % por *A. praecox*, *P. americana* participa con un 25% y es necesario resaltar que aparece *Aspidosperma quebracho blanco* con una presencia del 15%. Otras especies que están presentes son: *Prosopis alba*, *Sideroxylon obtusifolium*, *C. paraguarienses*, *P. kuntzei*, *S. longifolius*, *S. balansae*, *S. quebracho colorado*, *Capparis retusa* y *A. falcata*. En el estrato III solo están presentes 3 ejemplares, llega hasta los 17 metros de altura con representaciones similares de *S. balansae*, *S. quebracho colorado* y *A. quebracho blanco*.

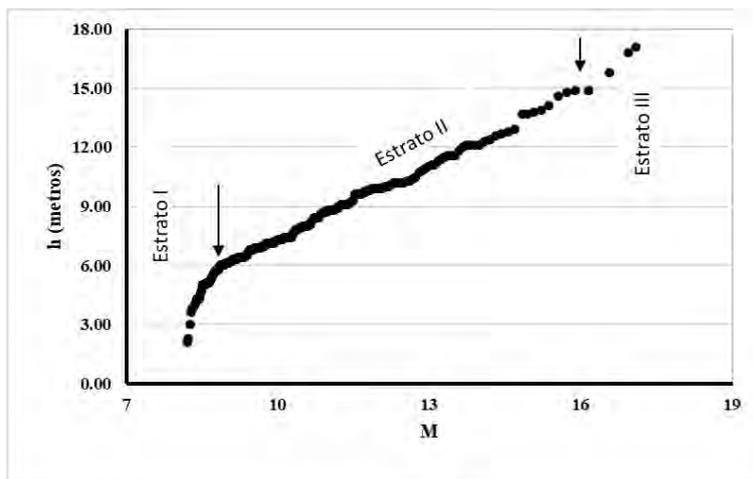


Figura 8. Diagrama h – M correspondiente al bosque tipo 2.

En el Bosque tipo 3 (Figura 9), el estrato I (23 ejemplares) no supera los 6 metros de altura. Está representado en un 70 % por *A. praecox* y un 14 % por *P. americana*,

otras especies presentes son: *S. longifolius*, *A. quebracho blanco*, *S. balansae* y *S. quebracho colorado*. El estrato II (90 ejemplares) alcanza los 11 metros de altura, las especies predominantes son: *A. praecox* (72%) y *P. americana* (14), también participan de este estrato: *S. longifolius*, *A. quebracho blanco*, *S. balansae* y *S. quebracho colorado*. El estrato III asciende hasta los 17 metros y está compuesto por 9 ejemplares de las siguientes especies: *P. americana*, *A. quebracho blanco*, *S. balansae* y *S. quebracho colorado*.

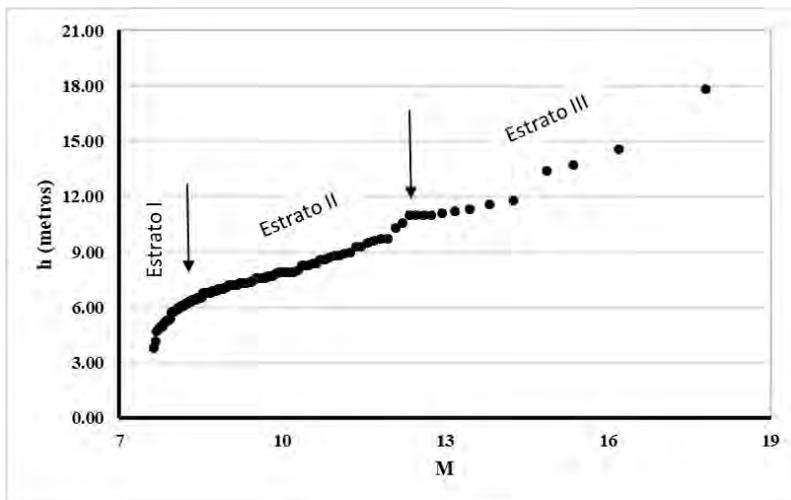


Figura 9. Diagrama h – M correspondiente al Bosque tipo 3.

4. Conclusiones

Si bien los tres tipos de bosques analizados presentaron una estructura diamétrica irregular con una tendencia de curva de J invertida, la pendiente se va acentuando de manera negativa a medida que aumenta la intervención antrópica. El efecto de acentúa en el Bosque tipo 3, sugiriendo un escenario desfavorable de desarrollo. Los histogramas de las distribuciones diamétricas ponen de manifiesto que las especies más afectadas por la acción de hombre son *S. Balansae* y *A. quebracho blanco*. En base a los valores de los índices de Shannon y Simpson, se demuestra que a medida que aumenta la severidad de la explotación tanto la biodiversidad como la dominancia se ven alteradas en forma negativa por la acción antrópica.

En cada tipo de bosque son tres los estratos definidos. Para los bosques explotados el estrato superior es el más afectado, perdiendo continuidad y representación en la estructura vertical, esto pone en evidencia que las cortas se concentran en los ejemplares de mayor porte y no atienden a las necesidades de regulación de competencia en las clases diamétricas intermedias e inferiores.

5. Bibliografía

- ARAUJO, P.; ITURRE, M. C.; ACOSTA, V. H. y RENOLFI, R. F. 2008. Estructura del bosque de la María EEA INTA Santiago del Estero. Revista Quebracho N° 16. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. 14 pp.
- BASTERRA, NORA I. 2004. Aproximación a la caracterización del paisaje del impenetrable chaqueño. Centro de Gestión Ambiental y Ecología, Rectorado, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: B-054. 4 pp.
- BIANI N. B.; J. L. VESPRINI y D. E. PRADO. 2006. Conocimiento sobre el gran Chaco argentino en el siglo XX. Ecología y manejo de los bosques de Argentina. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. 24 pp.
- DI RIENZO J.A.; CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M. y ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- FINOL, U. HERMAN. 1971. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. Revista Forestal Venezolana. 14 (21): 29-42. 14 pp.
- GIMÉNEZ, A. M.; HERNÁNDEZ, P.; FIGUEROA, M. E. y BARRIONUEVO, I. 2016. Diversidad del estrato arbóreo en los bosques del Chaco Semiárido Quebracho - Revista de Ciencias Forestales, vol. 19, núm. 1-2. pp. 24-37 Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- LEDESMA, LUIS. 1973. Introducción al Conocimiento de los Suelos del Chaco. Para el Programa de: Estudio y Extensión en Suelos de la provincia del Chaco. Informe (de divulgación) de la Primera Etapa. Evaluación de los Factores Formadores del Suelo. Reconocimiento y Clasificación de suelos. Convenio entre el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) por intermedio de EEA INTA Sáenz Peña y el Gobierno de la Provincia del Chaco, Argentina. 157 p.
- MEYER, H. C. 1952. Structure, growth and drain in balanced uneven-aged forests. Journal of Forestry 50: 85-92.
- MICHELA, JULIO FÉLIX y MARGARITA JUÁREZ DE GALÍNDEZ. 2016. Caracterización de un bosque del centro oeste de la provincia de Chaco, Argentina. Foresta Veracruzana 18(1):33-44.
- MORELLO, JORGE y J. ADÁMOLI. 1974. La vegetación de la República Argentina. Las Grandes Unidades de Vegetación y Ambiente del Chaco Argentino.

Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la nación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Instituto de Botánica Agrícola. Segunda parte: Vegetación y Ambiente de la provincia del Chaco. Serie Fitogeográfica N° 13. 130 pp.

SANQUETTA, C. R. 1995. "Análise da estrutura vertical de florestas através do Diagrama h-M". Revista Ciência Florestal. Santa Maria, v. 1, n. 5, p. 55-68.

SOLER, P. E.; BERROTERÁN, J. L.; GIL, J. L. y ACOSTA, R. A. 2012. Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Trop.* 62(1 - 4): 25-37.

TORRES, J. J.; MENA, V. E. y ÁLVAREZ, E. 2016. Composición y diversidad florística de tres bosques húmedos tropicales de edades diferentes, en El Jardín Botánico del Pacífico, municipio de Bahía Solano, Chocó, Colombia. *Rev. Biodivers. Neotrop.* 2016; 6 (1): 12-21.

ZEEVALLOS, PERCY y MATHEI O. 1994. Caracterización del bosque nativo del Fundo Escuadrón, Concepción, Chile. *BOSQUE* 15(1): 3-13. 1994. 11 pp.

Nota técnica

Technical note

CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DE LA EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS FORESTALES

CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF THE EPISTEMOLOGY OF FOREST SCIENCES

RODRIGO SEVERO ARCE ROJAS¹

Maestría de Ecología y Gestión Ambiental de la Universidad Ricardo Palma, Lima. Perú.

rarcerojas@yahoo.es

Recibido Diciembre 2017. Aceptado Junio 2018

Resumen

El presente artículo tiene el propósito de aportar a la construcción de una epistemología forestal que oriente el accionar de los involucrados a los bosques. Para el efecto se desarrolla una breve caracterización de la epistemología a partir del cual se derivan preguntas para la reflexión. De la revisión se concluye que la construcción del conocimiento es contextual y obedece a los desafíos de las épocas sin dejar de desconocer el reconocimiento de las tendencias que inciden en su desarrollo. En esta perspectiva se verifica un proceso de complejización de la epistemología forestal, de visiones fuertemente madereras se está pasando a visiones socioecosistémicas en la que los bosques son apreciados por sus múltiples valores incluyendo los culturales y espirituales. De miradas disciplinarias están pasando a miradas interdisciplinarias y transdisciplinarias que recojan la complejidad socioecosistémica de los bosques. De la primacía del conocimiento científico se está pasando a la valoración de la ecología de saberes donde todos los conocimientos participan activamente en el desarrollo de las ciencias forestales. De orientaciones de conocimiento centrado exclusivamente a lo racional se está pasando al reconocimiento que la construcción del conocimiento es un proceso social que articula la integralidad de la persona y que por tanto también son importantes las consideraciones emocionales, culturales y espirituales. De ahí la importancia de favorecer la religancia entre las ciencias forestales y la filosofía especialmente en sus vertientes ontológicas, epistemológicas y éticas.

Palabras claves: Bosques, complejidad, epistemología forestal, filosofía forestal, socioecosistémica

Abstract

The purpose of this article is to contribute to the construction of a forest epistemology that guides the actions of those involved in the forests. For this purpose, a brief characterization of the epistemology is developed from which questions for reflection are derived. The review concludes that the construction of knowledge is contextual and obeys the challenges of the times without ignoring the recognition of the trends that affect its development. In this perspective a process of complexity of the forest epistemology is verified,

of visions strongly wood is being passed to visions socioecosistémicas in which the forests are appreciated by their multiple values including the cultural and spiritual ones. From disciplinary to interdisciplinary and transdisciplinary gazes that collect the socioecosystemic complexity of forests. From the primacy of scientific knowledge we are moving on to the valuation of the ecology of knowledge where all knowledge actively participates in the development of forest sciences. From orientations of knowledge centered exclusively on the rational, we are passing on to the recognition that the construction of knowledge is a social process that articulates the integrality of the person and that therefore emotional, cultural and spiritual considerations are also important. This is why it is important to promote the link between forest sciences and philosophy, especially in its ontological, epistemological and ethical aspects.

Keywords: Forests, complexity, forest epistemology, forest philosophy, socio-ecosystem

1. Introducción

Heredera de la tradición positivista de la ciencia las ciencias forestales se han construido bajo los paradigmas de la objetividad, de la causalidad, de la linealidad, el determinismo y la predictibilidad. Así se ha producido una fuerte separación entre las ciencias forestales y la filosofía y en la vertiente productivista de las ciencias forestales una débil vinculación con la ética. Por ello es entendible que hasta ahora el tema de la epistemología forestal haya sido poco abordada desde el propio sector forestal. El presente artículo tiene el propósito de aportar a la construcción de una epistemología forestal, reconociendo que es una empresa mayúscula y que requerirá el concurso de profesionales y académicos forestales con visión socioecosistémica. Esta es una tarea pendiente con indudables repercusiones en la formación de los profesionales forestales y en la administración pública forestal.

Hasta ahora la construcción del conocimiento forestal tiene una impronta marcadamente disciplinaria con orientación a lo biofísico y con débil desarrollo de la orientación social aunque recientemente se ha podido apreciar en el Perú experiencias puntuales de abordaje del conocimiento forestal con enfoque interdisciplinario. Pero el bosque visto desde diversas perspectivas no es nuevo por cuanto era la práctica del naturalista alemán Alexander von Humboldt (Sabogal, 2016).

Asimismo, la influencia del enfoque positivista ha separado la academia de la cotidianidad de la realidad forestal de tal manera que solo se considera ciencia aquello que pasa por el método científico y se subestima otro tipo de conocimientos, saberes y experiencias. Bajo esta premisa jerárquica la educación forestal también tiene un enfoque de transferencia de los que saben hacia los que no saben.

Ahora bien, es importante reconocer que los bosques están sujetos a una serie de presiones del entorno. Su conservación o deterioro está influenciado por factores sociales, institucionales, legales, culturales, económicos y fuertemente por los modelos de desarrollo hegemónicos de los cuales resulta difícil abstraerse. Pero más allá de la multidimensionalidad de las presiones del bosque la propia complejidad de los bosques tropicales provoca que los conocimientos sobre su dinámica natural aún sean

insuficientes para tomar decisiones de manejo que garanticen su sostenibilidad.

Para el desarrollo del artículo se ha considerado entender los conceptos básicos de la epistemología y en función de ello dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el objeto de estudio de las ciencias forestales?
- ¿Cuál es la finalidad del estudio de las ciencias forestales?
- ¿Bajo qué paradigmas se ha gestado el conocimiento de las ciencias forestales?
- ¿En qué medida estos paradigmas iniciales inciden en el desarrollo de las ciencias forestales?
- ¿Qué cambios de paradigmas se han producido y cómo inciden en el desarrollo de las ciencias forestales?
- ¿Qué sugerencias se podría alcanzar para una epistemología de las ciencias forestales acorde con los retos de los tiempos?

La revisión histórica alude principalmente a Europa y los Estados Unidos por su fuerte influencia en el desarrollo de las ciencias forestales en Latinoamérica y la discusión está correlacionada con la experiencia peruana que es el ámbito a partir del cual se desarrolla el presente artículo. Para la revisión se ha considerado artículos científicos y libros en español. Será importante contribuir al desarrollo de la epistemología forestal con referencia a publicaciones disponibles en los idiomas alemán e inglés.

Alcances conceptuales de la epistemología

Se puede señalar que la epistemología es la rama de la filosofía que estudia el origen y el proceso seguido de legitimación (validez) de los conocimientos científicos por parte de la comunidad científica (Jaramillo, 2003).

La epistemología estudia y evalúa los problemas cognoscitivos de tipo científico, es decir, estudia, evalúa y critica el conjunto de problemas que presenta el proceso de producción de conocimiento científico (Martínez y Ríos, 2006). Actualmente la epistemología tiene una concepción extendida que abarca la teoría del conocimiento científico, la lógica de la ciencia, la semántica de la ciencia, la metodología de la ciencia, la ontología de la ciencia, la axiología de la ciencia, y la ética de la ciencia (Zamudio, 2012). Se debe reconocer que “el conocimiento científico, es un producto social, y no tiene más definición que la que le otorga el contexto social en el cual se genera” (García, 2006).

Breve historia de las ciencias forestales

Las Ciencias Forestales, llamada también Dasonomía, refiere al “estudio de las técnicas para cultivar y manipular las masas forestales a través de la aplicación de

principios biológicos y ecológicos, para la producción continua de bienes y servicios para la sociedad". La Silvicultura es una rama de la Dasonomía aunque en la literatura también aparecen como sinónimos (Hawley y Smith, 1972). Es interesante mencionar que en el caso peruano se ha producido un proceso de diversificación por lo que al interés inicial de las ciencias forestales se ha ampliado consideraciones ambientales (Facultades de Ingeniería Forestal y Ambiental), agroforestales (Facultades Agroforestales). En otros casos las ciencias forestales se inscriben en Facultades Agrarias o Facultades de Recursos Naturales.

Es indudable que los bosques forman parte de todo el proceso de hominización tanto para satisfacción de necesidades materiales como culturales y espirituales (Zapata y Peña-Chocarro, 1998).

El origen de la profesión forestal parece situarse tanto en los guardabosques ingleses (principios del siglo XII) como en los maestros de agua y bosques franceses (principios del siglo XIII) (Sanz, 2003). La dasonomía se desarrolló como ciencia en Alemania a fines del siglo XVIII de manera totalmente independiente de las ciencias agrícolas o pecuarias, época en la que se crearon las primeras escuelas forestales en lo que hoy es Alemania, en Rusia, Suecia y Francia (Dourojeanni, 2016). En 1786 se creó la Academia de Tharand, fundada y dirigida por Heinrich Cotta en 1786 y cuyo objetivo era la explotación racional de bosques (López, 2016). En 1821 se creó en Alemania la Escuela Forestal de Berlín (Hasel, 1985; citado por Sanz, 2003). La ciencia forestal se dedicaba al tratamiento de los espacios forestales conforme a principios técnicos y lógica científica y nace como respuesta a la expansión de la agricultura en detrimento de los bosques y por el reconocimiento de la devastación del bosque por usos tradicionales (Hasel, 1989; citado por Sanz, 2003). Hay que señalar además que los primeros científicos forestales alternaban sus labores académicas con funciones en la administración pública por lo que estas concepciones se trasladaron a la administración forestal (Sanz, 2003).

Francia también jugó un papel importante al haber involucrado el manejo de las cuencas hidrográficas dentro de las ciencias forestales, en tanto que los alemanes aportaron en economía y medición forestal. Desde el inicio como ciencia forestal mantuvo estrechas relaciones con las ciencias biológicas, económicas y matemáticas (del Valle, 1997).

2. Objeto de estudio de las ciencias forestales

Haciendo una síntesis de los objetos de estudios de las ciencias forestales se pueden reconocer las siguientes grandes categorías: Los bosques naturales, las plantaciones forestales, la industria forestal y la conservación de ecosistemas forestales. En la historia forestal también aparece el manejo de cuencas hidrográficas.

También existe el concepto de patrimonio forestal y de fauna silvestre que delimita el campo de competencias ligadas al sector forestal. En el caso peruano el

patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación está constituido por lo siguiente: a. Los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre, b. Los recursos forestales y de fauna silvestre mantenidos en su fuente, c. La diversidad biológica forestal y de fauna silvestre, incluyendo sus recursos genéticos asociados, d. Los bosques plantados en tierras del Estado, e. Los servicios de los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre, f. Las tierras de capacidad de uso mayor forestal y tierras de capacidad de uso mayor para protección, con bosques o sin ellos, y g. Los paisajes de los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre en tanto sean objeto de aprovechamiento económico (Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763, Art. 4).

Finalidad del estudio de las ciencias forestales

Los objetivos de las ciencias forestales han ido cambiando con el tiempo. Como menciona Prieto (2008) inicialmente se atendía necesidades de “madera, leña y caza; después, productivas, protectoras, sociales y ambientales; y hoy en día, la función administradora de los forestales se extiende a la totalidad del espacio natural”.

Beresford-Peirce en el año 1962 señalaba que dos son las preocupaciones básicas de los forestales: 1) Cómo habrán de satisfacerse las crecientes necesidades de madera en todas sus formas, y 2) Cómo podrán desempeñar los árboles y los montes su función protectora de salvaguardia de los recursos básicos de suelos y aguas (Beresford-Peirce, 1962). La concepción maderera de la actividad forestal aún se mantiene fuerte aunque cada vez se ha ido reconociendo los valores múltiples de los bosques. Como señala Prieto (2008):

“Prácticamente durante todo el siglo XX, el objetivo de la ordenación de montes ha sido fundamentalmente la obtención de productos basados en los postulados clásicos de la persistencia (que la masa ocupe el suelo sin interrupciones no programadas de antemano), rentabilidad (que se obtenga una renta anual o periódica constante) y máximo rendimiento (las masas se aprovechan a su edad de madurez o turno óptimo)”.

Siebert (1993) da cuenta que “las malas experiencias con plantaciones coetáneas llevaron a que se privilegie un enfoque de bosques multietáneos, los cuales en su estructura y su composición se asemejan mucho a los bosques nativos del sitio, lo que favoreció el desarrollo de una silvicultura más cercana a lo natural”. De esta manera la mirada centrada únicamente en la producción de bienes comercializables (monetariamente valorizables) se amplió para considerar las funciones ecológicas (incluyendo las no monetariamente valorizables en el largo plazo) (Peter, 2000).

Shirley (1964) al discutir sobre la creación de centros de enseñanza forestal señala deja entrever que los objetivos de la profesión forestal son: la ordenación forestal con fines de producción industrial de la madera, la protección de cuencas hidrográficas y la producción de la vida silvestre.

Paradigmas bajo las que se ha gestado el conocimiento de las ciencias forestales

En 1713 se acuña en Alemania el concepto de rendimiento sostenido (Malleux, 2013). Ese año Hans Carl von Carlowitz (1645-1714) (citado por Gonzáles-Doncel y Gil, 2014) publicó el libro *Sylvicultura aeconomica* que hacía referencia a la técnica de criar, cultivar y cortar los árboles. La sostenibilidad además estaba más acorde “con ideas procedentes del romanticismo alemán que vinculaba el mantenimiento de estos espacios con las esencias nacionales y con la belleza de la naturaleza primigenia” (Sanz, 2003).

Las ciencias forestales nacieron bajo el principio de la sostenibilidad (Malleux, 2013). La sostenibilidad implicaba la planificación de los turnos de la intervención de los bosques con el fin de entregar producción maderable sin menoscabo del volumen y de la calidad a lo largo del tiempo. Según Sanz (2003) el término sostenibilidad (“durabilidad”) estaba más relacionado con el suministro constante de inmensas cantidades de madera que con inquietudes medioambientales. Al respecto señala Prieto (2008):

“En la gestión de producción sostenida, los bosques fueron gestionados para producir madera de forma constante y periódica; para ello, los sistemas de aprovechamiento eran bien de tipo forestal (basado en conseguir el crecimiento medio máximo) o de tipo económico-financiero (se maximiza el valor actual neto o la tasa interna de rendimiento)”.

El bosque era considerado más como superficie maderera a explotar o de caza a arrendar que un ecosistema (Sanz, 2003). El propio H. Cotta, considerado como el padre de la Dasonomía señalaba en 1832 que “el fin de la explotación privada de bosques era conseguir los mayores ingresos en las superficies forestales” (Sanz, 2003). Desde un principio, “la joven ciencia forestal mostró ambiciones de consolidación y se unió estrechamente a las necesidades de los Estados liberales en formación y de intereses madereros en proceso de crecimiento” (Sanz, 2003).

Reconociendo el foco maderero de la actividad forestal Guariguata y Evans (2010) proponen que se debería ampliar la mirada hacia los productos forestales no maderables.

Se puede reconocer entonces que las ciencias forestales nacieron como parte del paradigma reduccionista de separabilidad y manipulabilidad de la naturaleza mediante el cual «un bosque se reduce a madera comercial y la madera se reduce a celulosa para las industrias que fabrican pulpa de madera y papel» (Shiva, 1991). No obstante hacia mediados del siglo XIX comenzaron a aparecer corrientes críticas que señalaban la necesidad de ampliar la mirada del bosque de acuerdo a los múltiples intereses de los actores y propiciando el reencuentro con la naturaleza dando pie a lo que sería

posteriormente el enfoque conservacionista” (Sanz, 2003).

Los Estados Unidos tienen un papel en el cambio de concepciones forestales. Así, destaca la participación de Aldo Leopold (1887-1948), académico de la Universidad de Wisconsin, y un especialista en el manejo de recursos forestales quien generó la propuesta de la ética de la tierra mediante la cual la tierra no debiera ser considerada como una propiedad sino como una comunidad a la cual pertenecemos todos y por tanto la preocupación moral debería incluir a los ecosistemas y sus habitantes no humanos. Esta concepción tuvo profunda influencia en el movimiento conservacionista (Kwiatkowska, 2012). Asimismo, Gifford Pinchot (1865–1946) fue uno de los pioneros en la articulación bosques y ambiente al proponer una “explotación sustentable” con base en el conocimiento científico, aunque mantiene la disyunción entre personas y recursos naturales en el marco de una ética utilitarista.

Es posible reconocer a través de la historia los diferentes paradigmas del manejo forestal. Así, Aguirre (2015) reconoce los siguientes paradigmas: Protección, Rendimiento sostenido de madera (1850), Rendimiento Sostenido de Uso Múltiple (1950-60), Ecosistemas Forestales Naturales (1970-80), Manejo Ecosistémico de Bosques (1990).

Por su parte Kimmins (1997) reconoce de manera general las siguientes etapas de la concepción del tratamiento de los bosques: i) Explotación (Pre-Dasonomía), ii) Regulación, (Dasonomía Administrativa) iii) Manejo Forestal (Dasonomía basada en principios ecológicos), y iv) Forestería Social (Dasonomía social), entendida esta última como el reconocimiento de los valores del bosque según múltiples involucrados y no solo de los madereros. Para el caso específico de los bosques europeos reconoce las siguientes etapas: i) Bosques Naturales Originales, ii) Explotación, iii) Métodos tradicionales, iv) Producción sostenida, v) Uso múltiple y vi) Regreso a lo natural.

Gudynas (2002) reconoce los siguientes grandes hitos: i) Explotación forestal eficiente con base científica de Gifford Pinchot, ii) Relación ética con la tierra basado en el amor y el respeto y iii) Uso múltiple y reencuentro con la naturaleza.

La historia de las ciencias forestales va paralela a la historia de las ciencias en general. Así se puede afirmar que en el origen las ciencias forestales han estado marcado por el cientifismo, el antropocentrismo y el desarrollismo. El cientifismo se explica por su tradición positivista con predominancia del paradigma simplificante de la ciencia, su autosuficiencia y el divorcio con la filosofía (Rojo *et al.* 2013). Este aspecto prácticamente no ha cambiado más allá de algunos cursos aislados de filosofía o de ética. Una excepción, por lo menos a nivel de documentos de gestión, refiere la Facultad de Ingeniería Agroforestal y Acuícola de la Universidad Intercultural de la Amazonía que reconoce explícitamente la consideración de un paradigma ecocéntrico y valora el enfoque de interculturalidad (UNIA, 2011).

Incidencia de los paradigmas dominantes en el desarrollo de las ciencias forestales

El paradigma de rendimiento sostenido dio pie al concepto de sostenibilidad, aspecto que se traduce ahora estrechamente ligado al desarrollo (el desarrollo sostenible). Prueba de ello son lo que Anteriormente fueron los Objetivos de Desarrollo del Milenio y actualmente los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Se ha podido apreciar cómo en la historia forestal se ha ido pasando de la explotación forestal (extracción sin reposición) al manejo forestal, el manejo forestal sostenible incluyendo los esquemas de certificación forestal voluntaria o los indicadores y criterios para el buen manejo forestal implementados, con mayor o menor convicción, por los Estados.

Se ha podido apreciar que las ciencias forestales tienen dos orientaciones básicas una productivista inicialmente relativa a la madera pero abriéndose cada vez más a los servicios ecosistémicos en general y otra perspectiva conservacionista. No obstante estos campos no debieran verse absolutamente excluyentes porque un buen manejo forestal está intrínsecamente asociado a consideraciones de conservación.

Inclusive, aun hablando desde una perspectiva tradicional del manejo forestal concentrada en especies comerciales valiosas se requiere una mirada ecosistémica que dé cuenta de la diversidad, los diferentes niveles de organización, y los rasgos funcionales de toda la comunidad ecosistémica tal como lo propone la ecología funcional (Salgado-Negret, 2015).

Como se ha podido reconocer el desarrollo de las ciencias forestales, en la perspectiva productivista, está inscrita en el desarrollo de las ciencias en general por tanto también está dominada por el espíritu de la objetividad, predictibilidad, linealidad y determinismo, propios de una ciencia normal. Forma parte también de un enfoque ontológico disyuntivo mediante el cual hay una absoluta separación entre el ser humano y la naturaleza bajo una ética utilitarista, los bosques son valiosos en la medida en la que satisfacen los intereses y las necesidades humanas (antropocentrismo). Finalmente se inscriben bajo una lógica del desarrollismo porque postulan que con el auxilio de la tecnociencia se va a lograr un desarrollo permanente y se va a lograr que el sector forestal sea un contribuyente importante al desarrollo nacional.

En la perspectiva conservacionista, que a veces ha sido considerada como aislada de la orientación productivista, hay algunas diferencias. Aunque en la práctica también están presentes el cientifismo, el antropocentrismo y el desarrollismo, una mejor comprensión de las interacciones ecológicas de los ecosistemas y una mayor sensibilidad a los valores de la vida dieron pie al desarrollo de una ética forestal por la cual se entiende que los valores de los ecosistemas están más allá del interés humano. Esta sensibilidad ética por los bosques no se ha trasladado necesariamente al sector forestal productivista, tanto afectivamente en los profesionales forestales como en la organización de la administración pública de los bosques. Incluso se antepone lo forestal con lo ambiental.

No obstante, la historia de la conservación tampoco está exenta de contradicciones y tensiones. En nombre del interés nacional se declaraban áreas protegidas sobre territorios ocupados por pueblos indígenas y por tanto se sustentaba su desplazamiento. Se caía por tanto en un culto a lo silvestre que desconocía a los pueblos indígenas en nombre de la conservación. Esta concepción está en retirada aunque no totalmente pues todavía subsisten posiciones que señalan la conveniencia de áreas protegidas libre de pueblos indígenas.

Asimismo, la caza deportiva ha sido planteada como una medida positiva de conservación al basarse en la transferencia de mortalidad natural en cosecha con generación de ingresos en beneficio de la propia conservación. Cohn (2012) condena la caza basada en las siguientes razones:

“...Conlleva un desperdicio completamente innecesario y gratuito de la vida sensible, altera el medioambiente de múltiples maneras, presenta e institucionaliza la violencia como un pasatiempo y modo de resolver problemas, y convierte la visión común del dominio sobre los animales en una dominación despiadada”.

Cambios de paradigmas y su incidencia en el desarrollo de las ciencias forestales

En teoría el principio de la sustentabilidad rige el accionar de los profesionales forestales, no obstante, actualmente no existe suficiente certeza que se esté asegurando la sostenibilidad ecológica de los bosques tropicales en el aprovechamiento forestal pese a los importantes avances en el desarrollo de las ciencias forestales, la tecnología, la legislación de promoción y sanciones a los delitos forestales, y los esquemas de certificación forestal voluntaria. Múltiples son los factores que explicarían un ejercicio de sustentabilidad débil, entre ellos se podría señalar la ontología disyuntiva que separa el ser humano de los bosques (que lo cosifica y legitima su explotación solo en el interés humano), la imposición de un esquema de desarrollo que privilegia la dimensión económica y subordina las consideraciones sociales y ambientales, insuficientes conocimientos sobre la complejidad de los bosques tropicales, a administración forestal débil, la corrupción expandida (Dourojeanni, 2015), entre otros.

Merece especial atención el tema ético. Se aprecian casos de relajamiento ético producto de un paradigma de desarrollo individualista, materialista y pragmático. En otros casos se aprecia un divorcio entre gestión forestal y ética forestal producto de una lógica económica predominante que debilita las consideraciones sociales y económicas.

Aunque como se ha podido apreciar en la historia forestal la conservación forma parte de las ciencias forestales en la práctica se ha ido separando de tal manera que cuando se habla de lo forestal se alude inmediatamente a la producción maderera, y ahora al carbono forestal, y cuando se habla de conservación se asocia inmediatamente a las áreas protegidas y se lo adscribe a posiciones ambientalistas. Incluso se llega a

plantear al ambientalismo o al ecologismo como factores que perturban el desarrollo forestal. Las evidencias indican que para el mejoramiento de las actuales prácticas de manejo requiere de una pragmática colaboración entre los ecologistas y los administradores forestales (Sheil y Meijaard, 2005).

Sugerencias para una epistemología de las ciencias forestales acorde con los retos de los tiempos

Recuperar el sentido de la sostenibilidad que ha guiado el accionar de las ciencias forestales en los últimos 300 años y hacerlo más explícito y desarrollado en la formación de los profesionales forestales (Malleux, 2013).

Como señala Malleux (2013) “el desafío es comprender que, ante la visión general de que la forestería es parte integral del manejo de los recursos naturales, el alcance de los campos de acción del sector forestal debe ser más amplio que el enfoque tradicional” Como menciona Dourojeanni (2009; 2015) al hablar de bosques, usualmente se piensa en extracción de madera y formas derivadas pero el reto es pasar a la generación de servicios ambientales sumamente importantes para el mantenimiento de los ecosistemas mundiales. Dourojeanni (2015) menciona que “los bosques naturales abiertos a la explotación maderera deberían ser sometidos a verdaderos planos de manejo y ser dedicados a producir volúmenes moderados de madera certificada de altísimo valor”.

Esto significa ampliar la mirada de cara a cada uno de los retos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas más allá del objetivo 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres). En el ámbito nacional significa no quedarse únicamente como un buen manejador de bosques sino participar activamente en el desarrollo sostenible (Malleux, 2014). Sin embargo, es necesario considerar el agotamiento de las perspectivas de desarrollo o desarrollo sostenible inclusive puesto que aunque hablen de consideraciones sociales y ambientales mantienen la primacía de un enfoque economicista. De ahí que existan perspectivas postdesarrollistas o de alternativas al desarrollo que tratan de superar las visiones antropocéntricas y utilitaristas por una posición biocéntrica donde se ponga la vida como el centro del accionar humano, tomando en cuenta la vida de los humanos y la vida de los no humanos. En esta perspectiva se ubica las propuestas de ontologías relacionales que dan cuenta de aquellas ontologías que revaloran las relaciones de continuidad entre la sociedad humana y la naturaleza.

En tanto se sigan sustentando las alternativas al desarrollo es posible usar como marco de referencia los Objetivos de Desarrollo Sostenible partiendo de una visión socioecosistémica de los bosques. Este enfoque permite hacer una conexión más directa con los otros objetivos que no se perciben producto de una visión sectorial y disciplinaria. Esto significa aceptar que los profesionales forestales no pueden asumir solos el desafío de manejar sosteniblemente los bosques y conservarlos (Dourojeanni, 2015). En esa dirección Hhilm, citado por Malleux (2014), considera que el perfil del

profesional forestal debería considerar la capacidad para “Interpretar y evaluar la realidad natural, social, económica y política del entorno donde se desempeña, incluyendo la percepción de las poblaciones locales para lograr la gobernanza del territorio”.

El reconocimiento de la sintiencia en animales y la sensibilidad en las plantas es algo que no estaba considerado hasta ahora en la búsqueda de conocimiento de las ciencias forestales (Rincón, 2018; Mancuso). Desde la perspectiva de la disyunción entre el ser humano y los bosques, estos son tratados como recursos naturales sujetos a explotación al servicio del ser humano. Por lo tanto no había que incluir consideraciones morales en la relación con los bosques. Con la ética de la tierra y la ética del cuidado extendida a la naturaleza existen nuevos elementos para el relacionamiento con los bosques (Pérez, 2016). No en vano, cada vez se ha ido ampliando la visión forestal centrada exclusivamente a la madera a la consideración de los valores múltiples de los bosques incluyendo valores culturales y espirituales.

Para avanzar en las ciencias forestales se requieren tres retos fundamentales. 1) Reconocer que cuando se habla de sostenibilidad no es una palabra acabada que justifique la débil sustentabilidad ecológica del manejo de los bosques y por ello se requiere una auténtica sustentabilidad fuerte en el sentido de una ecología profunda, dos, 2) Reconocer la complejidad de los bosques y su relación estrecha con la sociedad, lo que sustenta la importancia de los enfoques socioecosistémicos (Rodríguez, 2003). 3) Reconocer que la complejidad socioecosistémica de los bosques demanda conocimientos más profundos para que la sustentabilidad se soporte en buena ciencia y para ello será necesario procesos de investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria (Aguirre-Calderón, 2015). Complementariamente será necesario una mayor fusión entre la ciencia forestal y la filosofía relación que hasta ahora ha sido negada. De ello se desprende la necesidad de reconocer que aunque el paradigma científico de la simplicidad ha sido importante, y lo seguirá siendo, no es suficiente para dar cuenta de la complejidad de los socioecosistemas y por tanto se requiere una mayor articulación de las ciencias forestales a las ciencias de la complejidad y el pensamiento complejo. En esta perspectiva los enfoques de los sistemas adaptativos complejos resultan muy promisorios.

No es posible terminar estas discusiones sin abordar los temas relativos al tratamiento del conocimiento forestal. De una visión que separa el conocimiento occidental de los saberes y experiencias locales es necesario pasar a una ecología de saberes a través del cual la producción del conocimiento se realiza a través de las comunidades de pares en las que todos los actores tienen cosas importantes que decir (Santos, 2011). Esta perspectiva está más a tono con la realidad pluricultural de los países andinos y por tanto demandantes de enfoques de interculturalidad. Esta propuesta también está a tono con las corrientes de ciencia ciudadana (Piña, 2017).

También es necesario reconocer que la construcción del conocimiento no alude

únicamente a procesos estrictamente racionales y que el conocimiento involucra a toda la persona en su integralidad y es un proceso de construcción social. Por tanto más allá de cuestiones racionales también es necesario reconocer la importancia de los valores en los procesos de cognición de los sistemas socioecológicos (Jones *et al.*, 2016).

Quiere decir entonces que es necesario reconocer que la construcción del conocimiento se da en un continuo entre la academia, la administración pública forestal y los usuarios forestales. En este círculo de continuidad el proceso de generación, producción y socialización de conocimientos se articula recursivamente con el proceso de aplicación de conocimientos y no hay tal división tajante entre los que enseñan y los que aprenden pues son roles intercambiables.

3. Conclusiones

La construcción del conocimiento es contextual y obedece a los desafíos de las épocas sin dejar de desconocer el reconocimiento de las tendencias que inciden en su desarrollo. En esta perspectiva se verifica un proceso de complejización de la epistemología forestal, de visiones fuertemente madereras se está pasando a visiones socioecosistémicas en la que los bosques son apreciados por sus múltiples valores incluyendo los culturales y espirituales. De miradas disciplinarias están pasando a miradas interdisciplinarias y transdisciplinarias que recojan la complejidad socioecosistémica de los bosques. De la primacía del conocimiento científico se está pasando a la valoración de la ecología de saberes donde todos los conocimientos participan activamente y respetuosamente en el desarrollo de las ciencias forestales. De orientaciones de conocimiento centrado exclusivamente a lo racional se está pasando al reconocimiento que la construcción del conocimiento es un proceso social que articula la integralidad de la persona y que por tanto también son importantes las consideraciones emocionales, culturales y espirituales. De ahí la importancia de favorecer la religancia entre las ciencias forestales y la filosofía especialmente en sus vertientes ontológicas, epistemológicas y éticas. Aunque muchos de los problemas forestales se explican desde el entorno aún no existen los suficientes conocimientos sobre la dinámica de los bosques tropicales para asegurar la sustentabilidad ecológica del manejo forestal por lo que es necesario acelerar y profundizar este tipo de investigaciones en las perspectivas planteadas.

Agradecimientos

A la coordinación de la Maestría de Ecología y Gestión Ambiental de la Universidad Ricardo Palma, de Lima, Perú, por la promoción y apoyo a la investigación.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE-CALDERÓN, O. 2015. Manejo Forestal en el Siglo XXI. Madera y

- Bosques vol. 21, núm. especial: 17-28. Disponible en: <http://myb.ojs.incol.mx/index.php/myb/article/view/423/571>
- BERESFORD-PEIRSE, H. 1962. La evolución de la dasonomía. Últimas tendencias en el concepto de dicha ciencia. UNASYLVA. Vol. 16. No 4. (No 67): 19-23. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a1222s/a1222s08.pdf>
- COHN, P. 2012. Mitos sobre la caza. In: Rodríguez, J. (ed.). Animales no humanos entre animales humanos. DILEMATA. Madrid, España. 393p.
- HAWLEY, R. and SMITH, D. M. 1972. Silvicultura práctica. Traducción del Inglés por Jaime Terradas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 544 p
- DEL VALLE, J. I. 1997. La silvicultura desde sus orígenes hasta el siglo XIX. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 50(1): 103-130. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/28758>
- DOUROJEANNI, M. J. 2015. Medio siglo de forestería profesional en el Perú. Xilema Vol. 28: 5-17. Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/xiu/article/view/589>
- DOUROJEANNI, M. J. 2009. Crónica Forestal del Perú. Ed. San Marcos, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 727p.
- GARCÍA, R. 2006. Epistemología y teoría del conocimiento. Salud Colectiva. 2(2): 113-122. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/731/73120202.pdf>
- GONZÁLES-DONCEL, I Y GIL, L. 2014. ¿Selvicultura o silvicultura? Historia de dos palabras. Revista Montes. Tercer y Cuarto Trimestre. 118: 22-26. Disponible en: http://oa.upm.es/35422/1/INVE_MEM_2014_192397.pdf
- GUARIGUATA y EVANS, M. K. 2010. Mejoramiento de la educación forestal universitaria. ¿Debe prestarse más atención a los productos forestales no maderables? Recursos Naturales y Ambiente. No.59-60: 108-116. Disponible en: http://www.cifor.org/publications/pdf_files/articles/AGuariguata1102.pdf
- GUDYNAS, E. 2002. Ecología Economía y Ética. El desarrollo sostenible en América Latina. Universidad Estatal a distancia. San José. Costa Rica. 303 p.
- HAWLEY, R., y SMITH, D. M. 1972. Silvicultura práctica. Traducción del Inglés por Jaime Terradas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 544 p.
- JARAMILLO, L. 2003. ¿Qué es Epistemología? Mi mirar epistemológico y el progreso de la ciencia. Cinta de Moebio. No. 18. 7p. Disponible en: https://www.academia.edu/15024085/Qu%C3%A9_es_Epistemolog%C3%ADa_Mi_mirar_epistemol%C3%B3gico_y_el_progreso_de_la_ciencia
- JONES, N. A., SHAW, S., ROSS, H., WITT, K. and PINNER, B. 2016. The study of human values in understanding and managing socialecological systems. Ecology

- and Society 21(1):15. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07977-210115>
- KIMMINS, J. P. 1997. *Balancing Act, Environmental issues in forestry*. 2nd ed., UBC Press, Vancouver, Canada. 305p.
- KWIATKOWSKA, T. 2012. Aldo Leopold y la Ética de la Tierra. *Euphyía VI* (11): 47-64. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332335751_Aldo_Leopold_y_la_Etica_de_la_Tierra
- LÓPEZ, N. 2016. Rediseño curricular de la ingeniería forestal en la Universidad nacional de Loja. Loja. Ecuador. Universidad Nacional de Loja. 7p.
- MALLEUX, J. 2013. Cincuenta años de educación forestal en el Perú y América Latina, sus perspectivas a futuro. *Xilema Vol. 26*: 10-17. Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/xiu/search/search>
- MALLEUX, J. 2014. Informe sobre el Taller Regional de Educación Forestal Latinoamericano. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 44 p.
- MANCUSO S. y VIOLA, A. 2015. Sensibilidad e inteligencia en el mundo vegetal. *Galaxia Gutenberg*. Barcelona, España. 144 p.
- MARTÍNEZ, A. y RÍOS, F. 2006. Los Conceptos de Conocimiento, Epistemología y Paradigma, como Base Diferencial en la Orientación Metodológica del Trabajo de Grado. *Cinta de Moebio*. No. 25. 5p. Disponible en: <https://revistas.uchile.cl/index.php/CDM/article/view/25960>
- PÉREZ, M. 2016. La tierra está en nuestras manos. Leonardo Boff. *Cuadernos de Teología*. X (1): 165-168.
- PETER, H. 2000 “El rendimiento sostenido en el manejo de los bosques: el desafío para Chile de una nueva definición”, in *Bosque Nativo*, No. 24, Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo (AIFBN), Valdivia, Chile, 7-10: 30p. Disponible en: <http://www.picoteam.org/files/PICOTEAM%202014/Publications/El%20Rendimiento%20Sostenido%20-%201998.pdf>
- PIÑA, J. 2017. Ciencia ciudadana como emprendimiento de la ciencia abierta: el riesgo del espectáculo de la producción y el acceso al dato. *Hacia otra ciencia ciudadana*. *Liinc em Revista*, Rio de Janeiro. 13(1): 47-58. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317900398_Ciencia_ciudadana_como_emprendimiento_de_la_ciencia_abierta_el_riesgo_del_espectaculo_de_la_produccion_y_el_acceso_al_dato_Hacia_otra_ciencia_ciudadana_Ciencia_citada_como_emprendimiento_de_ciencia_ab
- PRIETO, A. 2008. Ordenación de montes y gestión forestal: evolución y nuevas tendencias. *Foresta*. No. 40: 32-45. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/28246948_Ordenacion_de_montes_y_gestion

_forestal_evolucion_y_nuevas_tendencias

- RINCÓN, D. (2018) Los animales como seres sintientes en el marco del principio alterum non laedere: algunos criterios interpretativos. *Inciso* 20 (1); 57-69. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327585173_Los_animales_como_seressintientes_en_el_marco_del_principio_alterum_non_laedere_algunos_criterios_interpretativos
- RODRÍGUEZ, J. M. 2003. Historia forestal y desarrollo forestal sostenible. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. 16: 297-301. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/2978374.pdf>
- ROJO, G. E., MARTÍNEZ, R., RODRÍGUEZ, E. N. y YURIRIA, A. 2013. Filosofía de las ciencias forestales. *RA XIMHAI* Volumen 9 Número 4 Edición Especial Septiembre – Diciembre: 269-272. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/download/54100/48146>
- SABOGAL, A. 2016. El paisaje de los bosques desde una mirada de vuelo de pájaro: Cambio de uso del suelo de los bosques en el Perú. In: Sabogal, A. (ed.). 250 años de Alexander von Humboldt. Discusiones interdisciplinarias sobre los bosques. Lima. PUCP. pp. 69-100.
- SALGADO-NEGRET, B. (ed). 2015. La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. 236 p. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/296638680_La_ecologia_funcional_como_aproximacion_al_estudio_manejo_y_conservacion_de_la_biodiversidad_protocolos_y_aplicaciones
- SANTOS, B. DE S. 2011. Epistemologías del Sur. Utopía y Praxis Latinoamericana. *Revista Internacional de Filosofía Iberoamericana y Teoría Social* CESA – FCES – Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela. Año 16. N° 54: 17 – 39. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/279/27920007003.pdf>
- SANZ, G. 2003. Naturaleza y ciencias forestales en Alemania. Una aproximación a la historia de una tradición académica. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. 16: 161-166. <https://doi.org/10.31167/csef.v0i16.9366>
- SHEIL, D. y MEIJAARD, E. 2005. La vida después de la explotación forestal. *OIMT Actualidad Forestal Tropical*. 13(2): 12-15. Disponible en: <https://www.cifor.org/mla/download/publication/Sheil%20and%20Meijaard%20ITTO%20in%20Spanish.pdf>
- SHIRLEY, H.L. 1964. La enseñanza forestal profesional. *UNASYLA* No. 75. 18(4): s.p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/18587s03.htm>

- SHIVA, V. 1991. *Abrazar la vida. Mujer, ecología y supervivencia*. Instituto del Tercer Mundo. Montevideo, Uruguay. 320p.
- SIEBERT, H. 1993. *Silvicultura cercana a lo natural*. En *Charlas y Conferencias No. 8*. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 7-10. Disponible en: <https://www.waldbau.uni-freiburg.de/mitarbeiter/pdfs/Bannister%20Pyttel>
- UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA Amazonía (UNIA). 2011. *Modificación Planes de Estudio. Carrera de Ingeniería Agroforestal Acuícola de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales*. Pucallpa. 137p.
- ZAMUDIO, J. G. 2012. *Epistemología y educación*. RED TERCER MILENIO S.C. Tlalnepantla. Estado de México, México. 224p.
- ZAPATA, L. y PEÑA-CHOCARRO, L. 1998. *La historia del bosque y su explotación en el pasado: evidencia arqueológica y etnográfica*. *Zainak*. 17: 87-99. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/11497405.pdf>